

**Transformer Mimarisi – GPT ve BERT**

Bilindiği üzere *Doğal Dil İşleme (Natural Language Processing)* algoritmaları günümüzde çeviri yapma, sohbet botu ya da SIRİ, Alexia gibi sesli asistanlar olarak günlük hayatımıza girmiştir. Bu tip sistemlerin hayatımıza girmesi transformer teknolojisi ile büyük başarı elde etmiştir.

Transformer yapısında bir veri dizisindeki öğeler arasındaki ilişkileri (bağlamı) anlamak amacıyla dikkat (attention) mekanizmasını kullanan bir sinir ağı mimarisidir ve ilk kez Google tarafından tanıtılmıştır. Transformer mimarisinde girdi (input): kelime ya da token dizisi, çıktı (output): kelime dizileri, sınıflandırma sonuçları veya diğer anlamlı çıktılarıdır.

Transformer mimarisinin en önemli özelliği, bağlamı anlamak amacıyla sıralı işleme ihtiyaç duymasındır ve bu amaçla da paralel işlem yapılabilir.

**Transformer mimarisi**

Transformer mimarisi *Encoder* ve *Decoder* olmak üzere iki bileşenden oluşur.

**Encoder**

- Girdi dizisini işler ve sabit boyutlu bir bağlam vektörü oluşturur.
- Çok katmanlı (*multi-layered*) bir yapıya sahiptir.
- Her katman, self-attention ile her kelimenin diğer kelimelerle bağlamını ortaya koyar, *Feed-Forward Neural Network (FFNN)* ile önerilen bağlamı işleyerek bir sonraki adıma aktaran yapılardan oluşur.

**Decoder**

- Encoder'dan gelen bağlam vektörünü işler
- Encoder katmanlarından gelen bilgiyi işlerken *Masked Attention* mekanizmasıyla çıktının, gelecekteki kelimelerini görmeden öğrenir. Örneğin, dil çevirisi gibi görevlerde metni oluşturur.

**Attention Mekanizması**

Transformer mimarisinin başarısının arkasındaki en önemli bileşen attention (dikkat) mekanizmasıdır. Self-attention ile bir kelimenin, dizideki diğer kelimelerle olan ilişkisini öğrenmesini sağlar. Scaled Dot-Product Attention ile bu ilişkiyi hızlı bir şekilde hesaplar. Matematiksel olarak

$$\text{Attention}(Q, K, V) = \text{softmax}\left(\frac{QK^T}{\sqrt{d_k}}\right)V$$

olarak tanımlanır. Burada  $Q$  Query (sorgu),  $K$  Key (anahtar),  $V$  Value (değer) ve  $d_k$  Boyut (ölçek) anlamındadır.

### ***Transformer'in Avantajları***

**Paralel İşleme:** Transformer, RNN'lerin aksine, sıralı işlemeye ihtiyaç duymadan tüm girdi dizisini aynı anda işler. Bu da hesaplama hızını artırır.

**Bağlamı Daha İyi Kavrama:** Self-attention mekanizması sayesinde uzun bağlam ilişkilerini (uzak kelimeler arasındaki bağlam) etkili bir şekilde öğrenebilir.

**Esneklik:** Sadece dil işleme değil, görüntü işleme, protein yapısı tahmini (AlphaFold), müzik üretimi gibi alanlarda da kullanılabilir.

### ***Transformer'in Kullanım Alanları***

**Doğal Dil İşleme (NLP):** Dil çevirisi (Google Translate, DeepL), Metin özetleme, Soru-cevap sistemleri

**Görüntü İşleme:** Vision Transformers (ViT): Görseller üzerinde dikkat mekanizmasını kullanır.

**Biyoinformatik:** Protein yapısı tahmini (AlphaFold, ESMFold).

**Kod Üretimi ve Tamamlama:** GitHub, Copilot gibi modeller, Transformer'a dayanır.

**Ses İşleme:** Konuşma tanıma ve ses sentezi sistemleri.

### ***Transformer'in Başarıları***

Transformer, GPT, BERT, T5, XLNet, RoBERTa gibi popüler modellerin temelini oluşturur.

**GPT:** Metin üretimi ve içerik oluşturma.

**BERT:** Dil anlamada üstün performans.

**Vision Transformers (ViT):** Görüntü sınıflandırmada yeni standartlar.

### ***Transformer'in Geleceği***

**Ölçeklenebilirlik:** Daha büyük ve güçlü modellerin geliştirilmesine olanak tanır.

**Uygulama Çeşitliliği:** NLP dışındaki alanlarda, özellikle biyoteknoloji ve tıp gibi sektörlerde daha fazla kullanılabilir.

**Verimlilik İyileştirmeleri:** Hesaplama maliyetlerini azaltmaya yönelik optimizasyonlar üzerinde çalışmalar sürmektedir.

## Token

Bir metnin kelimelere, karakterlere veya anlamlı parçalara bölünmüş halidir. Örneğin, “Bugün hava kapalı” cümlesi, [“Bugün”, “hava”, “güzel”] şeklinde tokenize edilebilir. Bir kelime örneğin “Unbelievable” (inanılmaz) kelimesi [“un”, “believ”, “able”] şeklinde bölünebilir. Tokenizasyon, metni tokenlere ayırma işlemidir.

### Tokenizasyon neden önemlidir?

**Makine anlaması:** Bilgisayarlar metinleri ham halde anlayamazlar. Tokenizasyon ile metin işlenebilir bir forma dönüştürülür.

**Bağlam kavramı:** Modeller, kelimeler arasındaki ilişkileri ve anlamları token dizileri halinde öğrenir.

**Dil Farklılıklarına uyum:** Tokenizasyon, farklı dillerdeki metinlerin işlenmesine olarak tanır.

### Token Türleri

#### 1. Kelime Tabanlı Tokenizasyon:

Her kelime bir token olarak alınır.

Örnek: "Doğal dil işleme" → ["Doğal", "dil", "işleme"]

#### 2. Karakter Tabanlı Tokenizasyon:

Her karakter bir token olur.

Örnek: "AI" → ["A", "I"]

#### 3. Alt Kelime Tabanlı Tokenizasyon:

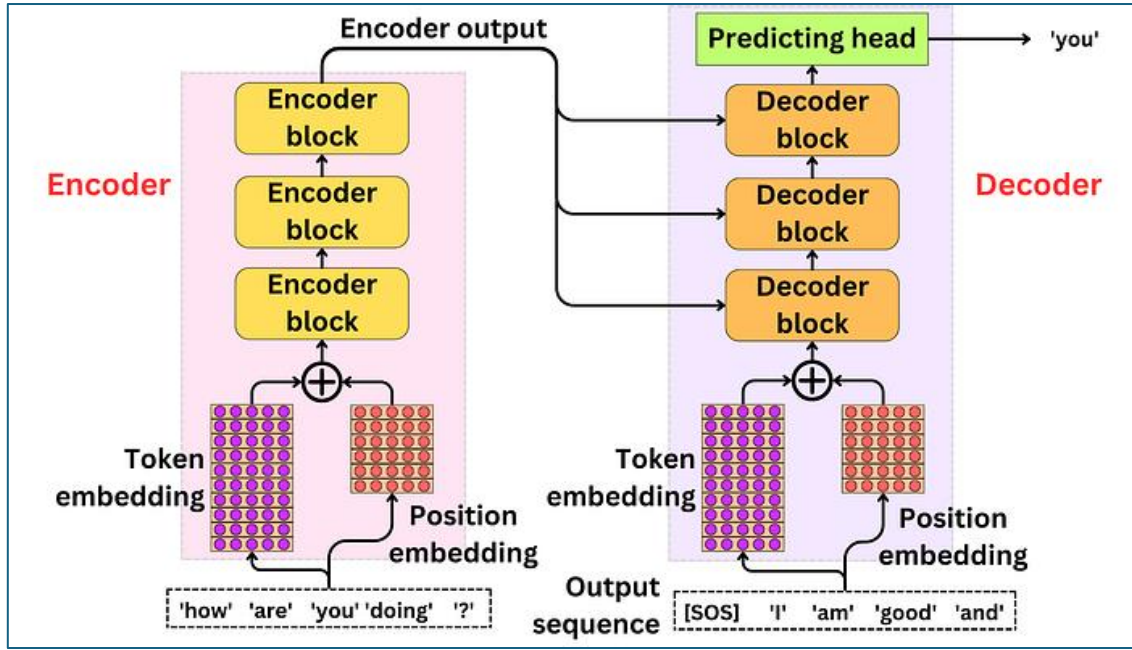
Kelimeler, daha küçük parçalara bölünür (örneğin, BPE veya WordPiece algoritmalarıyla).

Örnek: "playing" → ["play", "##ing"]

#### 4. Cümle Tabanlı Tokenizasyon:

Metin cümlelere bölünür.

Örnek: "Merhaba. Nasılsınız?" → ["Merhaba.", "Nasılsınız?"]



Şekil 2.1. Transformer mimarisi ve token yapısı

### GPT (Generative Pre-trained Transformer)

#### Temel Özellikleri

1. **Generative (Üretken):** GPT, metin oluşturma gibi üretken görevlerde kullanılır. Örneğin, hikâye yazma, özetleme veya dil modeli oluşturma gibi işlemleri gerçekleştirebilir.
2. **Transformer Mimarisi:** GPT, Transformer mimarisine dayanır ve dikkat mekanizmasını (attention mechanism) kullanarak dildeki bağlamı anlar.
3. **Tek Yönlü (Unidirectional):** GPT, metni soldan sağa okuyarak bir sonraki kelimeyi tahmin etmeye odaklanır.
4. **Önceden Eğitilmiş Model:** GPT, büyük miktarda veride önceden eğitilir ve daha sonra belirli bir göreve ince ayar yapılabilir (fine-tuning).

#### GPT'nin Önemli Katkıları

1. **Metin Üretimi:** GPT modelleri, insan benzeri metinler üretebilir ve içerik oluşturma, diyalog sistemleri, makale yazımı gibi alanlarda devrim yaratmıştır.
2. **Kapsayıcı Genel Modeller:** GPT, tek bir modelin çok sayıda NLP görevini yerine getirebilmesini sağlayan genel bir yapıya sahiptir.
3. **Uygulama Çeşitliliği:** Kod yazma, dil çevirisi, soru-cevap gibi birçok farklı alanda kullanılabilir.

## **BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers)**

### **Temel Özellikleri**

- 1. Bidirectional (Çift Yönlü):** BERT, metni hem soldan sağa hem de sağdan sola okuyarak dil bağlamını daha iyi anlamaya çalışır. Bu, dilin anlamını daha derinlemesine kavramasını sağlar.
- 2. Masked Language Model (MLM):** BERT, bazı kelimeleri maskeler ve bu maskeleri tahmin etmeye çalışır. Böylece hem önceki hem de sonraki kelimelerden öğrenim sağlar.
- 3. Transformer Encoder Tabanlı:** BERT, Transformer mimarisinin encoder kısmını kullanır.
- 4. Görev Odaklı:** Soru yanıtlama, metin sınıflandırma, duygu analizi gibi özel NLP görevlerinde başarılıdır.

### **BERT'in Önemli Katkıları**

- 1. Bağlam Anlayışı:** Çift yönlü yapısı sayesinde, kelimelerin anlamlarını bağlama göre daha iyi anlar. Örneğin, "bank" kelimesinin bir finans kuruluşu mu yoksa nehir kenarı mı olduğunu bağlama göre ayırt edebilir.
- 2. Soru-Cevap Sistemleri:** BERT, arama motorları ve sohbet botlarında kullanılarak doğru yanıtların bulunmasını kolaylaştırmıştır.
- 3. Önceden Eğitim ve İnce Ayar:** BERT, büyük veri setlerinde önceden eğitilerek farklı NLP görevlerine kolayca uyum sağlayabilir.

### **GPT ve BERT Arasındaki Farklılıklar**

<b>Özellik</b>	<b>GPT</b>	<b>BERT</b>
Model Tipi	Üretken (Generative)	Anlayıcı (Understanding)
Yönlülük	Tek Yönlü	Çift Yönlü
Kullanım Alanı	Metin üretimi, yazım	Sınıflandırma, soru-cevap
Eğitim Stratejisi	Sonraki kelimeyi tahmin	Maskelenmiş kelimeleri tahmin

### ***GPT ve BERT' in Yapay Zeka Çalışmalarındaki Önemi***

- 1. Dil Anlamada Gelişme:** Bu modeller, makinelerin doğal dili daha iyi anlamasını ve işlemlerini sağlamıştır.
- 2. Çok Amaçlı Kullanım:** Tek bir modelin birden fazla görevde (örneğin, dil çevirisi, özetleme, metin sınıflandırma) kullanılabilmesi, AI çalışmalarını hızlandırmıştır.
- 3. Büyük Veriyle Etkileşim:** GPT ve BERT, büyük ölçekli verileri anlamlı hale getirerek şirketler, araştırmacılar ve geliştiriciler için fırsatlar sunar.
- 4. Araştırma ve İnovasyon:** Bu modellerin yayınlanması, NLP ve AI araştırmalarında yeni fikirlerin geliştirilmesine yol açmıştır.

### ***Transformer Teknolojisi GPT ve BERT***

Doğal dil işleme, insanların dilini tanıma ve hatta duyguları bile öğrenen bir teknolojidir. Transformer teknolojisi ile GPT ve BERT sadece kelimelerin anlamını değil kelimelerin hangi bağlamda kullanıldığını da öğrenir. Örneğin “Harika bir başarı” ifadesi kullanıldığında “Harika” kelimesinin bir duygu, takdir, beğeni ya da bir tebrik ifadesi olduğunu anlayabilir. Doğal dil işleme sadece kelimenin anlamını değil kelimenin bağlamını da dikkate alarak o kelimenin nasıl ve nerede kullanıldığını da analiz ederek çalışır.

GPT ve BERT, tranformer teknolojisi ile insanlarla sohbet edebilen yapay zeka modelinin temelidir. Arkasında zahmetli ve zekice tasarlanmış bir süreç vardır.

Transformer mimarisi, derin öğrenme ve yapay zekada devrim yaratan sinir ağı modelidir. İlk olarak Google tarafından tanıtılan bu mimari özellikle dikkat (attention) mekanizması sayesinde diğer modellere göre etkili ve verimli hale getirmiştir.

Transformer mimarisinde, veri paralel olarak işlenir ve bu nednelede diğer modellere göre çok daha hızlı çalışır.

## **Çekişmeli Üretici Ağlar (GAN – Generative Adversarial Networks)**

Derin öğrenme alanında önemli bir yeniliktir ve yaratıcı yapay zeka için sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır.

GAN' lar 2014 yılında Ian Goodfellow tarafından önerilen bir modeldir. İki yapay sinir ağından oluşur *Üretici (Generator)* ve *Ayırt edici (Discriminator)* ağ. Bu iki sinir ağı arasında çekişmeli bir eğitim süreci yürütülür.

Üretici (Generator) ağ, gerçek verilere göre sahte veriler oluşturur. Ayırt edici (Discriminator) ağ ise üretilen verinin gerçek mi yoksa sahtemi olduğunu ayırt etmeye çalışır. Bu iki ağ bir oyun oynar gibi çalışırlar ve birbirlerini geliştirmeye zorlarlar. Generator, sahte veriyi gerçek gibi yaparak Discriminator' ü kandırmaya çalışır. Discriminator de üretilen veriyi, gerçek veriden ayırmak için daha iyi hale gelir.

### **GAN' ların uygulama alanları**

1. **Görüntü üretimi:** Gerçek insan yüzü (örneğin DeepFake)
2. **Stil transferi:** Görselleri farklı bir sanat stiline dönüştürme
3. **Video üretimi:** Hareketli video oluşturma
4. **Veri aktarımı:** Eğitim için daha fazla veri üretme
5. **Ses Sentezi:** Konuşma veya müzik üretimi

### **Transformer ile GAN Arasındaki Farklar ve Benzerlikler**

#### **Benzerlikler**

#### **1. Derin Öğrenme Temeli:**

- İkisi de derin sinir ağlarına dayanır ve veri temelli öğrenir.
- İkisi de parametreleri optimize etmek için genellikle backpropagation ve stochastic gradient descent (SGD) gibi yöntemler kullanır.

#### **2. Evrensel Uygulamalar:**

- GAN'lar görüntü, ses ve metin gibi birçok alanda uygulanabilir.
- Transformer'lar da NLP, görüntü işleme ve biyoinformatik gibi geniş bir uygulama yelpazesinde etkilidir.

#### **3. Bağlam Anlama Yeteneği:**

Transformer'lar, self-attention mekanizması ile bağlamı öğrenirken, GAN'lar verinin genel yapısını öğrenir.

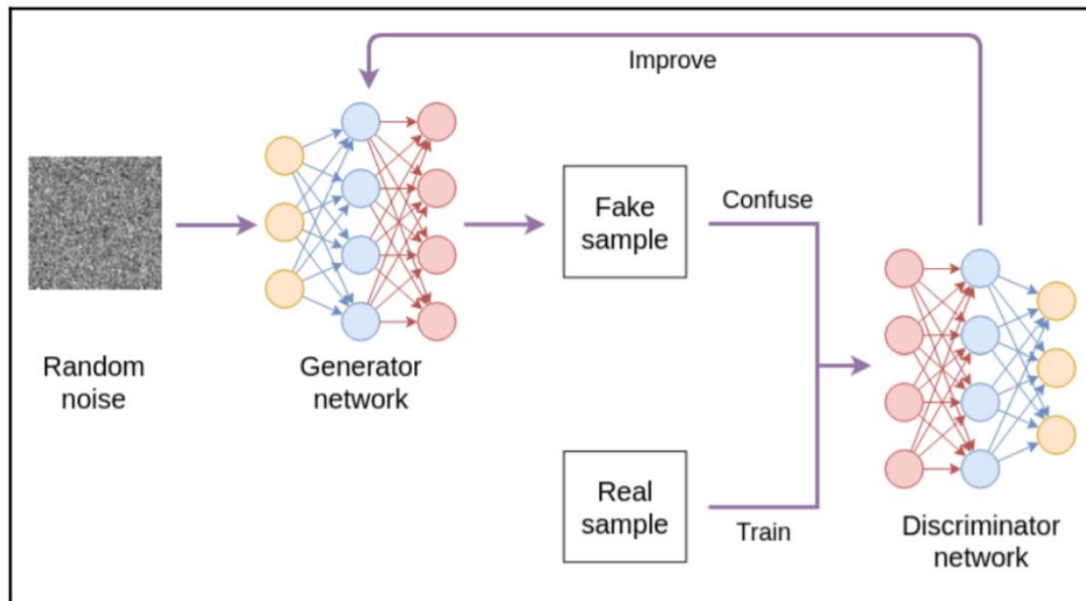
**Farklılıklar**

Özellik	GAN	Transformer
Amaç	Gerçekçi veri üretmek (üretici model).	Sekans verilerinin anlamını işlemek.
Bileşenler	Generator ve Discriminator.	Encoder ve Decoder (veya sadece encoder).
Çalışma Mekanizması	Çekişmeli bir süreç (oyun teorisine dayalı).	Dikkat mekanizmasına dayanır.
Eğitim Zorluğu	Dengesiz eğitim olabilir (Mode Collapse).	Daha kararlı bir eğitim süreci.
Kapsama Alanı	Özellikle görüntü ve medya üretimi için.	NLP, görseller ve biyoinformatik gibi geniş alanlarda.

**Transformer ve GAN'ın Birlikte Kullanımı**

Son yıllarda, Transformer ve GAN mimarilerinin birleştirildiği hibrit modeller geliştirilmiştir:

1. **ImageGPT:** OpenAI tarafından geliştirilen bu model, Transformer tabanlı bir yapı ile görselleri üretmek için GAN'lara benzer görevlerde kullanılır.
2. **Vision Transformer-GAN (ViT-GAN):** Transformer yapısının görsel bağlamları anlamasıyla GAN'ın veri üretme kapasitesini birleştirir.
3. **NLP için GAN:** Transformer tabanlı dil modelleriyle GAN mekanizmaları birleştirilerek metin üretimi veya dönüştürme yapılır.

**MODEL YAPISI**

Şekil 2.2. GAN mimarisi



