

# Difüzyon ile Moleküler Haberleşme Simülasyonu için Çok Alanlı Model

Ali Akkaya

Boğaziçi Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği

[ali.akkaya@boun.edu.tr](mailto:ali.akkaya@boun.edu.tr)

05 Şubat 2015



NETLAB

# Outline

- 1 Giriş
- 2 Difüzyon ile Moleküler Haberleşme Simülasyonu
- 3 Sonuç



# Giriş



# Nano-teknoloji

- Fizikçi Richard Feynman, Amerika Fizik Topluluğu'nun 29 Aralık 1959 tarihindeki toplantısında "There's Plenty of Room at the Bottom" başlıklı bir konuşma yaptı.<sup>1</sup>
- Feynman, o zamana dek yapılan sentetik kimya metodlarından daha etkin olabilecek, atom seviyesinde yapılabilecek değişiklik olasılıkları üzerinde durdu.
- Bu konuşma, on yıllar sonra nano-teknoloji alanındaki gelişmelerin teorik temelini oluşturduğundan, bu alan için önemli bir dönüm noktası olarak kabul edilmektedir.

---

<sup>1</sup>[http://en.wikipedia.org/wiki/There's\\_Plenty\\_of\\_Room\\_at\\_the\\_Bottom](http://en.wikipedia.org/wiki/There's_Plenty_of_Room_at_the_Bottom)

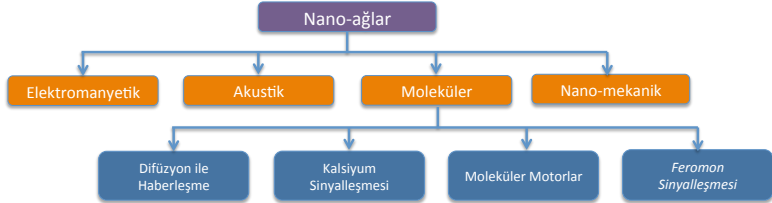


# Nano-ağlar

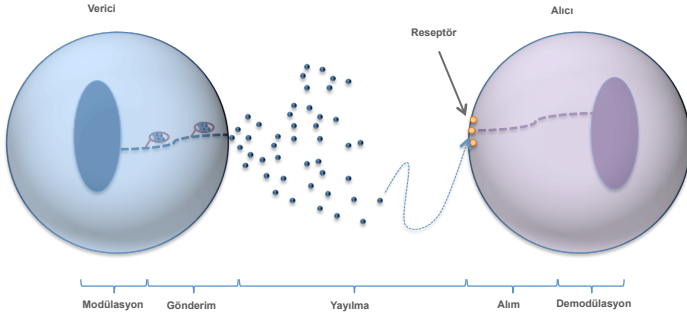
- Nano-makinelerin boyutları göz önüne alındığında, basit işlemleri gerçekleştirebilecekleri öngörülmektedir.
- Nano-makinelerin karmaşık işlemleri gerçekleştirebilmesi için kendi aralarında ve dışarıdaki sistemlerle iletişim halinde olmaları gerekmektedir.
- **Nano-ağlar** nano-makinelerin karmaşık işlemleri gerçekleştirebilmeleri için ortak çalışabilmelerini sağlayacak iletişim yöntemlerini araştıran bilim dalıdır.



# Nano-ağlar



# Difüzyon ile Moleküler Haberleşme

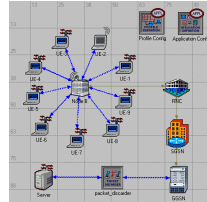
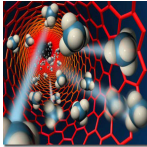


# Moleküler Haberleşme Simülasyonu

Farklı boyut  
Farklı ortam



Farklı Laboratuvar  
Farklı Simülatör





# Difüzyon ile Moleküler Haberleşme Simülasyonu



# Brownian Hareketi

- Tek boyutlu ortamda tek bir parçacığın bir zaman adımındaki yer değiştirmesi aşağıdaki denklem ile ifade edilebilir.

$$\Delta x \sim \mathcal{N}(0, \sigma^2). \quad (1)$$

Bu denklemde,  $\sigma = \sqrt{2D\Delta t}$ , ve  $D$  difüzyon katsayısıdır.



# Brownian Hareketi

- Tek boyutlu ortamda tek bir parçacığın bir zaman adımındaki yer değiştirmesi aşağıdaki denklem ile ifade edilebilir.

$$\Delta x \sim \mathcal{N}(0, \sigma^2). \quad (1)$$

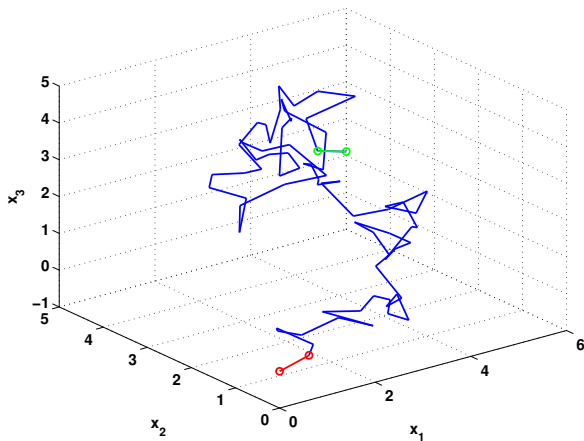
Bu denklemde,  $\sigma = \sqrt{2D\Delta t}$ , ve  $D$  difüzyon katsayısıdır.

- Üç boyutlu ortamda, toplam yer değiştirme,  $\vec{r}$ , aşağıdaki şekilde yazılabilir.

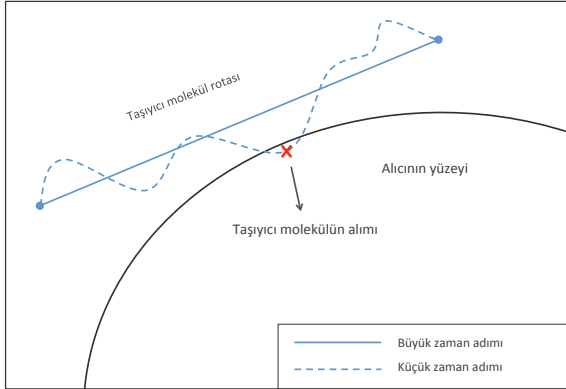
$$\vec{r} = (\Delta x, \Delta y, \Delta z). \quad (2)$$



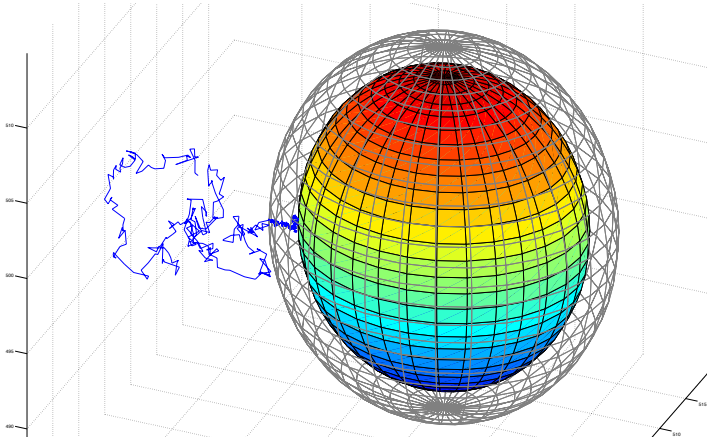
# Üç Boyutta Brownian Hareketi



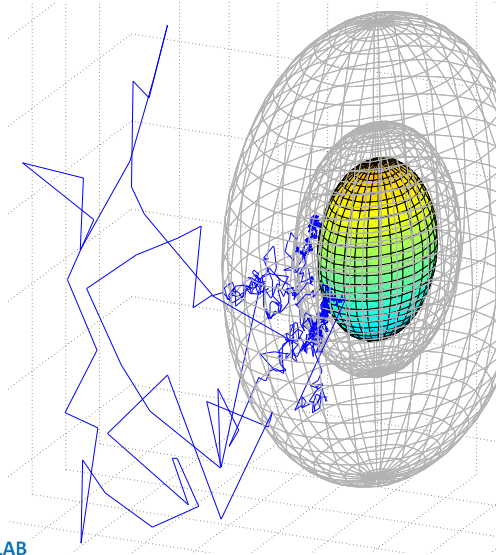
# Zaman Adımının Etkisi



# Çok Alanlı Simülasyon Modeli



# Çok Alanlı Simülasyon Modeli



## Alan Yarıçapının Seçimi

- $Zone_n$ 'in yarıçapı aşağıdaki formül ile belirlenebilir.

$$r_{z(n-1)} = r_r + 3\sqrt{3}\sqrt{2D\Delta t_n}, \quad (3)$$

Burada  $r_r$  alıcının yarıçapı ve  $\Delta t_n$ ,  $Zone_n$ 'in zaman adımıdır.





# Performans Değerlendirmesi

- Önerilen modelin performans değerlendirilmesi için hızlanma parametresini aşağıdaki gibi tanımlayabiliriz.

$$S_{dz} = \frac{T_{sz}}{T_{dz}}. \quad (4)$$

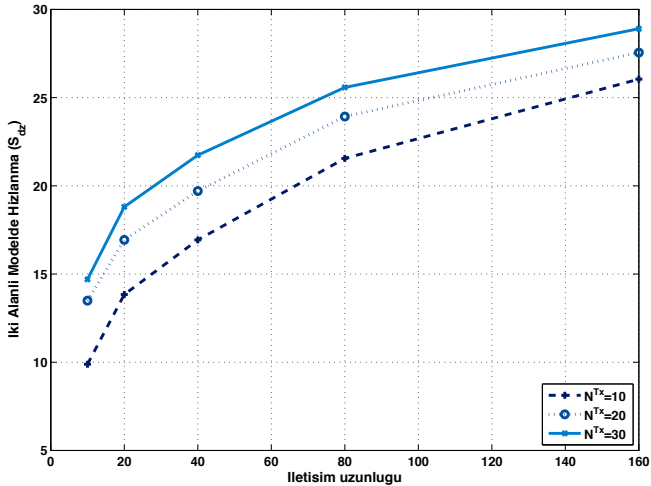
Burada  $T_{sz}$  tek alan kullanıldığındaki çalışma süresi,  $T_{dz}$  ise birden fazla alan kullanıldığındaki çalışma süresini belirtmektedir.

# Zaman Adımının Alınan Sinyale ve Çalışma Süresine Etkisi

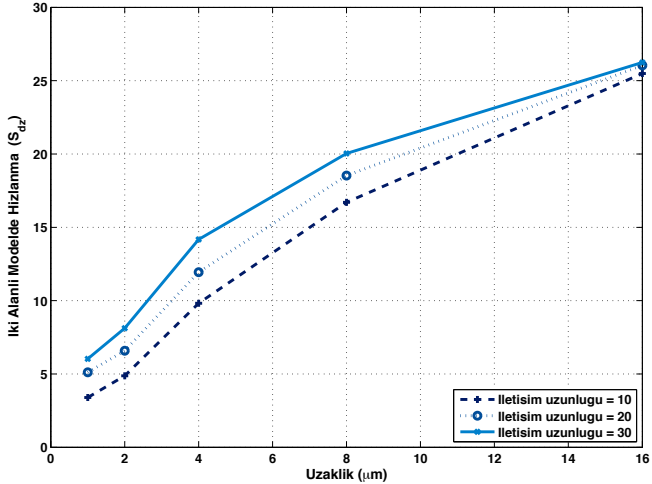
- İlk simülasyon senaryosunda,  $N^{Tx} = 10000$  molekülün  $r_0 = 14 \mu m$ 'deki noktasal göndericiden gönderilmesi ve sonrasında  $r_r = 10 \mu m$  yarıçaplı alıcı tarafından soğurulması değerlendirilmiştir.

Simülasyon tipi	$\Delta t$ (s)	$r_{z_0}$	Hızlanma	RMSE
Tek alan	$10^{-3}$	-	757.52	139.11
İki alan	$10^{-3}, 10^{-6}$	$r_r + \sqrt{3}\sigma$	27.47	13.01
İki alan	$10^{-3}, 10^{-6}$	$r_r + 2\sqrt{3}\sigma$	12.39	4.28
İki alan	$10^{-3}, 10^{-6}$	$r_r + 3\sqrt{3}\sigma$	6,04	2.72
Tek alan	$10^{-6}$	-	1	2.24

# Sinyal Gücünün ve Gönderilen Veri Uzunluğunun Etkisi



# İletişim Mesafesinin Etkisi



# Sonuç



# Sonuç

- Bu çalışmada difüzyon ile moleküler haberleşme simülasyonlarının hassasiyetini koruyarak daha hızlı çalışmasını sağlayan bir model önerilmektedir.



# Sonuç

- Bu çalışmada difüzyon ile moleküler haberleşme simülasyonlarının hassasiyetini koruyarak daha hızlı çalışmasını sağlayan bir model önerilmektedir.
- Sonuçlar, ortamdaki molekül sayısının fazla olduğu simülasyon senaryolarında önerilen model ile elde edilen kazanımın çok daha fazla olduğunu göstermektedir.



## Sorular & Yorumlar

Teşekkürler.

Soru ve yorumlar ...



NETLAB