

# Simülasyon Araçlarına Giriş

Günümüzde ağ protokollerinin ve iletişim sistemlerinin geliştirilmesi ve test edilmesi için fiziksel donanımlardan önce simülasyon araçları yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu araçlar, araştırmacılara sistemleri gerçek ortama geçirmeden önce kontrollü, esnek ve tekrarlanabilir test ortamları sunar. Özellikle sualtı akustik ağlar gibi kurulum ve gözlem maliyeti yüksek ortamlarda simülasyon, vazgeçilmez bir adımdır.

Bu bağlamda, en çok tercih edilen ağ simülasyon araçlarından bazıları şunlardır:

## 1. OMNeT++

OMNeT++; sabit, kablolu ve dağıtık sistemlerin (bilgisayar ağları, çok işlemcili sistemler vb.) benzetimi için kullanılan zaman ayrık olay tabanlı bir simülasyon aracıdır. Gerçek sistemlerin davranışlarını modelleyip analiz etmeyi sağlar.

### Modelleme Yetkinlikleri

- Haberleşme trafiği modelleme
- İletişim kuralları (protokoller) modelleme
- Ağ topolojisi modelleme
- Çok işlemcili sistemler ve dağıtık donanım sistemleri
- Donanım yapı analizi
- Karmaşık sistemlerin performans değerlendirmesi
- Ayrık olay tabanlı tüm sistemlerin modellenmesi

### Modül Tabanlı Hiyerarşik Yapı

- Modüller, sistemdeki öğeleri temsil eder (düğüm, yönlendirici, protokol vs.).
- Modüller basit (davranışı C++ ile programlanan) veya birleşik (iç içe modüller içeren) olabilir.
- Modüller arasında mesaj alışverişi yapılır (doğrudan veya kapılar üzerinden).
- Her modülün özelleştirilebilir parametreleri vardır.

### Simülasyon Ortamı ve Özellikleri

- Grafiksel kullanıcı arayüzü (GUI) ile hata ayıklama ve değişken denetimi mümkündür.
- Vektör ve çıktı dosyaları üzerinden sonuçlar analiz edilebilir.
- INI konfigürasyon dosyaları ile parametre ayarlamaları yapılır.
- Aynı simülasyon, farklı parametrelerle çoklu kez çalıştırılabilir (toplu çalıştırma - batch execution).
- Statik ya da dinamik nesne oluşturma desteği vardır (örneğin: düğümler simülasyon sırasında eklenebilir).

## Taşınabilirlik ve Genişletilebilirlik

- C++ ve Tcl/Tk ile yazılmıştır.
- Windows, Linux ve Unix sistemlerinde portatif olarak çalışır.
- Paralel ve dağıtık simülasyon desteği mevcuttur (örneğin MPI ile).
- Yeni paralel simülasyon algoritmaları kolaylıkla entegre edilebilir.

## Ticari Kullanım

OMNeT++: Akademik ve kar amacı gütmeyen projeler için ücretsizdir.

OMNEST: Ticari projeler için OMNeT++'in desteklenen sürümüdür.

## Kısaca Avantajları

- Gerçek sistemlerin karmaşıklığını modellenenebilir hale getirir.
- Hiyerarşik ve modüler yapısıyla esneklik sağlar.
- Simülasyonlar hem grafik arayüz hem de toplu çalışma ile yürütülebilir.
- Gelişmiş hata ayıklama ve izleme araçlarına sahiptir.
- Taşınabilir ve genişletilebilir mimarisi ile araştırma ve geliştirme için uygundur.

## 2.NS-3

### Genel Tanım

NS-3, internet tabanlı sistemlerin modellenmesi için geliştirilen, ayrık olay (discrete-event) temelli bir ağ simülatörüdür.

Geliştirme çalışmaları 2006 yılında başlamıştır.

Açık kaynak kodlu (GNU GPLv2) ve ücretsizdir.

### Teknik Özellikler

- Programlama Dilleri: C++ ve Python
- Çalışma Ortamı: Linux (doğrudan), Windows (Cygwin ile)
- Dokümantasyon: Doxygen aracı ile
- Yapı Sistemi: Python tabanlı Waf

### NS-2 ile Farkları

- NS-3, NS-2'nin devamı değildir; baştan geliştirilmiş yeni bir sistemdir.
- Script dili ve mimari yapısı farklıdır.
- NS-2'den bazı modeller NS-3'e aktarılmıştır, ancak NS-2 uygulamaları doğrudan çalışmaz.

### Desteklediği Özellikler

- İnternet protokolleri (IP, TCP, UDP, 802.11 vs.) modelleme
- Varlıklar: Sanal ağlar, olay zamanlayıcılar, topoloji üreticileri, rastgele değişkenler
- Paket üretimi ve iletimi: Gerçek ağ paketleriyle çalışma yeteneği
- Dağıtık simülasyon desteği (çoklu işlemcili sistemlere gerek olmadan)
- Animasyon ve görselleştirme desteği
- İzleme, kayıt tutma, performans istatistikleri desteği

### Avantajları

- Modern internet sistemlerini detaylı modelleme yeteneği
- Geniş topluluk ve sürekli geliştirilen açık kaynak yapı
- Hem akademik araştırmalarda hem de AR-GE projelerinde kullanılabilir

### 3. Aqua-Sim ve Aqua-Sim-NG

Tanım: Aqua-Sim, sualtı akustik iletişim ağlarını simüle etmek üzere geliştirilmiş özel bir eklentidir.

#### Temel Yapı:

- Aqua-Sim: NS-2 üzerine kuruludur
- Aqua-Sim-NG: OMNeT++ platformuna taşınmış, modern ve geliştirilebilir versiyondur

Kullanım Alanı: Sualtı akustik kanal modelleme, MAC protokolleri, routing algoritmaları

#### Özellikler:

- Gecikme, kanal gürültüsü, sinyal zayıflaması gibi sualtı ortamının gerçekçi fiziksel özelliklerini simüle eder
- T-Lohi, UW-MAC, DBR gibi özel protokolleri destekler
- Akademik çalışmalarda yaygın şekilde kullanılır

# OMNeT++, NS-3 ve Aqua-Sim Karşılaştırması

## Genel Karşılaştırma Tablosu

Özellik	OMNeT++	NS-3	Aqua-Sim / Aqua-Sim-NG
<b>Geliştirme Dili</b>	C++, NED (ağ topolojisi tanımı için)	C++, Python	NS-2: Tcl/C++ NG: C++/NED (OMNeT++ tabanlı)
<b>Kullanım Alanları</b>	Geniş (kablosuz ağlar, IoT, VANET, UWSN)	IP ağlar, LTE, Wi-Fi, gerçek zamanlı trafik	Sualtı akustik ağlar (UWSN)
<b>Arayüz Tipi</b>	Grafiksel kullanıcı arayüzü (GUI)	Komut satırı (CLI), NetAnim görselleştirme	Aqua-Sim: CLI NG: OMNeT++ GUI
<b>Protokol Genişletme</b>	Modüler yapı, yeni modül kolay eklenebilir	Düşük seviyeli protokol geliştirmeye uygun	UWSN'e özel MAC/Routing protokolleri eklenebilir
<b>Zaman Modeli</b>	Olay temelli (Discrete Event Simulation)	Olay temelli	Olay temelli
<b>Topluluk ve Destek</b>	Orta büyüklükte, akademik ağırlıklı	Geniş, aktif ve güncel	Sınırlı (özellikle klasik Aqua-Sim), NG sürümünde gelişme var
<b>Görsellik / Animasyon</b>	Gelişmiş animasyon ve grafik desteği	NetAnim ile sınırlı görsellik	Aqua-Sim NG: OMNeT++ sayesinde GUI destekler
<b>Öğrenme Eğrisi</b>	Orta	Dik (daha teknik ve düşük seviye)	Aqua-Sim: karmaşık (eski yapı) NG: öğrenmesi daha kolay
<b>Yaygın Kullanım Alanı</b>	Araştırma, eğitim, görsel simülasyon	Protokol testi, gerçek trafik emülasyonu	Sualtı iletişim protokolü geliştirme ve analiz

## Açıklamalı Değerlendirme

### OMNeT++

#### Avantajları:

- Modüler mimari sayesinde protokol ve uygulama katmanları kolayca özelleştirilebilir.
- Görsel simülasyonlar sayesinde analizler daha anlaşılır.
- Aqua-Sim-NG gibi sualtı eklentileri ile genişletilebilir.

#### Dezavantajları:

- Gerçek zamanlı uygulamalarla entegrasyonu sınırlıdır.
- Kurulumu ilk başta zaman alabilir.

## NS-3

Avantajları:

- Gerçek trafik modellemesi yapabilir, örneğin Linux TCP/IP stack ile test yapılabilir.
- Python entegrasyonu sayesinde esneklik sağlar.
- LTE/5G gibi modern sistemleri destekler.

Dezavantajları:

- Grafik arayüzü zayıftır (NetAnim dışında görsellik azdır).
- Öğrenme süreci daha teknik bilgi gerektirir.

## Aqua-Sim / Aqua-Sim-NG

Avantajları:

- Sualtı ağlarındaki akustik kanal gecikmesi, gürültü, enerji tüketimi gibi detaylı modellemeyi destekler.
- DBR, VBF, T-Lohi, UW-MAC gibi özel protokolleri içerir.
- Aqua-Sim-NG, OMNeT++'ın avantajlarını da getirir (görsel simülasyon, modülerlik).

Dezavantajları:

- Klasik Aqua-Sim (NS-2 tabanlı) oldukça eski ve güncellenmiyor.
- Belgelendirme sınırlı; yeni başlayanlar için zorlayıcı olabilir.

## Sualtı Ağ Simülasyonları Neden Gereklidir?

### 1. Gerçek Ortamda Deney Zorluğu

- **Sualtı ortamı erişilemez ve tehlikeli** olabilir.
- Donanımların (modem, sensör, düğüm) kurulumu **çok pahalı ve zaman alıcıdır**.
- Hataların telafisi gerçek ortamda **zor veya imkânsızdır**.

### 2. Maliyet ve Zaman Tasarrufu

- Simülasyonlar sayesinde **fiziksel testlere gerek kalmadan** farklı senaryolar denenebilir.
- Aynı senaryo **farklı parametrelerle tekrar tekrar** çalıştırılabilir.
- Uzun süreli sistem davranışları (örneğin pil tüketimi) **hızlıca gözlemlenebilir**.

### 3. Performans Analizi ve Protokol Testi

- MAC protokolleri, yönlendirme algoritmaları ve hata kontrol mekanizmaları **simülasyon ortamında karşılaştırılabilir**.
- Simülasyonlar, **veri kaybı, gecikme, enerji verimliliği** gibi metriklerin ölçülmesini sağlar.
- Yeni protokoller ve algoritmalar **gerçek ortama geçmeden önce test edilebilir**.

### 4. Esneklik ve Tekrar Üretilirlik

- Simülasyonlar **aynı koşullarda tekrar çalıştırılabilir**, bu da bilimsel doğruluk açısından önemlidir.
- **Topoloji, düğüm sayısı, kanal özellikleri** kolayca değiştirilebilir.

### 5. Gerçekçi Kanal ve Ortam Modellemesi

- Akustik kanalın özellikleri (yayıma gecikmesi, çok yol etkisi, sinyal zayıflaması) **matematiksel olarak modellenir**.
- Gerçek sualtı fiziksel ortamı **kopyalanabilir** (örneğin, derinlik, sıcaklık, tuzluluk).

### 6. Araştırma ve Eğitim Amaçlı Kullanım

- Akademik çalışmalar, tezler ve mühendislik eğitimlerinde **laboratuvar ortamı simülasyonla sağlanabilir**.
- Öğrenciler gerçek ekipmanlara ihtiyaç duymadan protokolleri öğrenebilir ve test edebilir.

### 7. Yeni Teknolojilerin Geliştirilmesi

- **Otonom sualtı araçları (AUV), akıllı sensör ağları, tsunami erken uyarı sistemleri** gibi sistemlerin geliştirilmesinde simülasyon hayati rol oynar.
- Gerçek sistemlerdeki eksiklikler önceden belirlenebilir.