



ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy
2011, Volume: 6, Number: 1, Article Number: 1A0150

ENGINEERING SCIENCES

Received: October 2010

Accepted: January 2011

Series : 1A

ISSN : 1308-7231

© 2010 www.newwsa.com

Tülin Erçelebi Ayyıldız

Başkent University

ercelebi@baskent.edu.tr

Ankara-Turkey

**YÜKSEK DÜZEYLİ MİMARİNİN (HLA-HIGH LEVEL ARCHİTECTURE) HAVA TAHMİN
BENZETİMİ İÇİN UYGUNLUĞUNUN İNCELENMESİ**

ÖZET

Yüksek Düzeyli Mimari (HLA-*High Level Architecture*), birden fazla benzetim uygulamasının dağıtılmış bir ortamda tek bir benzetim uygulaması gibi çalışmasını sağlayan bir yazılım mimarisidir. Standartlaşmış (IEEE 1516) olan bu mimari, Amerikan Savunma Bakanlığı tarafından Amerika Birleşik Devletleri için geliştirilen savunma amaçlı benzetim uygulamalarının gerçekleştirilmesinde zorunlu tutulmaktadır. Türkiye’de de savunma amaçlı geliştirilecek benzetim uygulamalarının birçoğunda bu standarda uyumluluk şart koşulmaktadır. Yüksek Düzeyli Mimarinin sivil uygulamalarda da kullanımı yaygınlaşmaktadır. Yüksek başarılı işlem sığasına gereksinim duyan bilimsel benzetim uygulamaları da Yüksek Düzeyli Mimariyle gerçekleştirilmek için iyi birer aday olarak gözükmektedir. Bu çalışma kapsamında hava tahmin benzetimi incelenmiş ve bu benzetimin Yüksek Düzeyli Mimari ile gerçekleştirilmek istenildiğinde elde edilebilecek yararların ve önümüze çıkabilecek engellerin neler olabileceği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Benzetim, Yüksek Düzeyli Mimari (HLA),
(IEEE 1516), Amerika Birleşik Devletleri

**INVESTIGATION OF SUITABILITY OF THE HIGH LEVEL ARCHITECTURE (HLA) FOR
WEATHER AND CLIMATE PREDICTION SIMULATIONS**

ABSTRACT

High Level Architecture (HLA) is a software architecture that ensures more than one simulation applications to run on a distributed environment as if they are a single simulation. This architecture, which has already been standardized (IEEE 1516), is obligatory for the implementations of the simulations developed by the US Department of Defense for the defense applications of the USA. It is also obligatory in Turkey for most of the defense-purposed simulations to be compatible with this standard. Usage of High Level Architecture in civil applications becomes widespread as well. The scientific simulation applications, which require high performance computing capacity, are good candidates to be realized with High Level Architecture. Within the scope of this study, the common weather and climate simulation has been investigated, and it has been determined what would the benefits and obstacles be when this simulation is implemented with High Level Architecture.

Keywords: High Level Architecture (HLA), Simulation, (IEEE 1516), USA

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Benzetim, gerçek bir süreç veya sisteminin işletilmesinin zaman üzerinden modellenmesi için kullanılan bir araçtır.

Örneğin; bilgisayar üzerindeki bir araç simülatörü, trafiğin bazı kurallarının bir bilgisayar üzerinde öğretilmesi amacıyla kullanılan bir benzetim modelidir. Sürücünün aracı kullanırken göreceği görüntünün bir benzerini bilgisayar ekranında görmesi ve aracı kontrol etme işlemlerinin gerçek yaşamda olduğu gibi tasarlanması, bir benzetim olayıdır.

Benzetim sistemleri çoğu zaman dağıtılmış ortamlarda çalışan bileşenlerden oluşur. Bu bileşenlerin kolayca yeniden kullanılabilmesi ve birlikte çalışabilir olması, geliştirme sürecinin etkinliğini ve sistemin yeteneklerini önemli ölçüde artıracaktır. Benzetim bileşenlerinin birlikte çalışabilmeleri ve yeniden kullanılabilmeleri için önceden tanımlanmış birtakım kurallara uymaları gerekir. HLA (High Level Architecture) bu ihtiyaçları karşılamak için DMSO (Defense Modeling and Simulation Office) tarafından geliştirilmiştir [1 ve 7]. HLA' da benzetim bileşenleri federe, benzetim sistemi de federasyon olarak adlandırılır. HLA temelde, federasyon kuralları, arayüz belirtimi ve nesne modeli şablonundan (OMT - Object Model Template) oluşur. Federasyon kuralları, federelerin ve federasyonun uyması gereken kurallardır. HLA'nın temel kurallarından biri federe etkileşimlerinin bir altyapı üzerinden sağlanmasıdır. Bu altyapı işletim zamanı altyapısı (RTI - Runtime Infrastructure) olarak adlandırılır. Arayüz belirtimi federelerin RTI üzerinden alacağı hizmetler ve RTI'nın federeler üzerinden kullanabileceği geri dönüş (callback) çağrılarından oluşur. HLA belirtiminde federelerin işletim zamanında kullanacakları nesnelere ve gönderip alabilecekleri etkileşimler nesne modeli şablonları ile tanımlanır. Federasyondaki her federe için bir benzetim nesne modeli (SOM), federasyon genelindeki paylaşılan nesne tanımları için bir federasyon nesne modeli (FOM) bulunur. RTI'nın kullanacağı nesne modeli federasyon çalışma bilgisi (FED) olarak adlandırılır [8].

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Bu çalışmada öncelikle yaygın kullanılan bilimsel benzetim uygulamalarından akışkanlar dinamiği başlığı altında hava ve iklim tahminleri (weather and climate predictions) incelenecek, sonraki kesimde de, bu bilimsel benzetim uygulamasında HLA'nın uygunluğu teorik olarak sonuçlandırılacaktır.

3. HAVA TAHMİN BENZETİMİ (WEATHER FORECAST MODEL)

Hava tahmin benzetimleri, günümüzde insan yaşamındaki birçok eylemin, hava koşullarından etkilenmesi nedeniyle, gelecek planlamalarının daha iyi yapılabilmesi için önem kazanmış bilimsel uygulamalardır. En yaygın olarak kullanılan model MM5 hava tahmin modelidir.

MM5 hava tahmin modeli, Amerika'da bulunan NCAR (National Centre for Atmospheric Research) tarafından geliştirilen, şu anda birçok modern meteoroloji örgütü ve üniversiteler tarafından tercih edilen bir modeldir. Özellikle tercih edilmesinin nedeni; atmosferde meydana gelen düşey hareketleri 10 km ve altındaki çözünürlüklerde daha sağlıklı hesaplayabilmesidir. Bu nedenle kısa vadeli ve yerel tahminlerde oldukça başarılı bir modeldir. MM5 modeli sayesinde, daha küçük ölçekte alanlar için sağlıklı ve sık zaman aralıklarında ayrıntılı hava tahmini yapmak mümkün olmaktadır [9].

3.1. Hava Tahmin Modeli Örneği: WRF

(Example of Weather Forecast Model: WRF)

WRF, NCAR başta olmak üzere birçok araştırma laboratuvarı ve çeşitli üniversitelerden bilim adamlarının katılımıyla tasarlanmış, 1-10 km ölçekli alanlarda hava ve bölgesel iklim tahmin yapmayı hedefleyen bir modeldir [6]. NCAR tarafından tasarlanmış, yaygın olarak kullanılan, büyük ölçekli

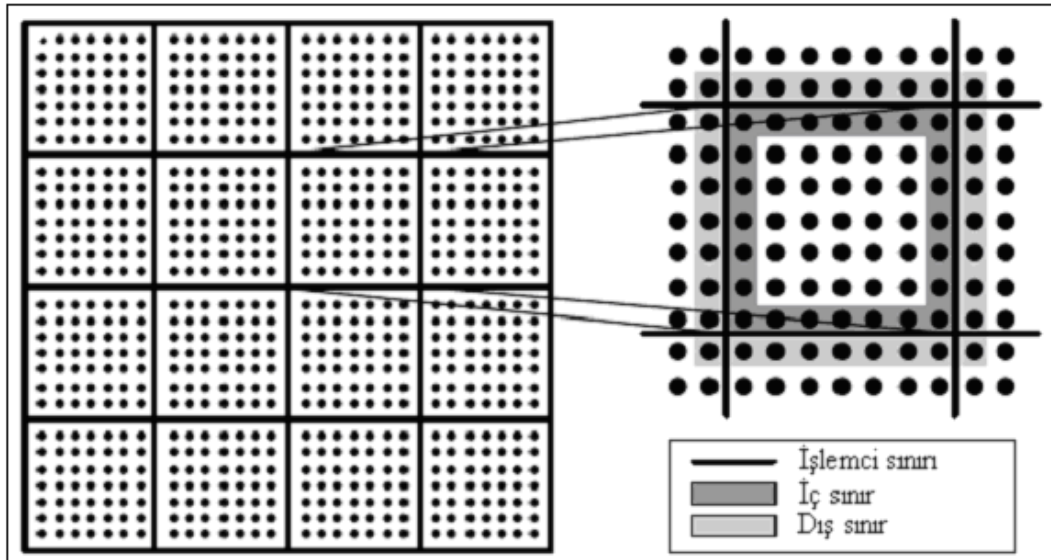
ve iyi oturtulmuş fakat eskimekte olan MM5 hava tahmin modelinin yerini almaya adaydır [6]. WRF, esnek, geliştirilebilir, verimli, taşınabilir ve sürdürülebilir bir yazılım geliştirmeye olanak sağlamaktadır [2 ve 3].

3.2. WRF Yazılım Çatısı (The Framework of WRF Software)

WRF Fortran90 programlama dili kullanılarak tasarlanmıştır ve üç katmanlı bir yapıya sahiptir. Bu katmanlar; sürücü katmanı (driver layer), model katmanı (model layer) ve aracılık katmanıdır (mediation layer). Sürücü katmanı, bellek atanması ve kaldırılması, üst düzey iklendirme ve alan ayrışımı yönetimi gibi işlerden sorumlu olan katmandır. Model katmanı, daha çok bilim adamları tarafından yazılan ve asıl model hesaplamalarının yapıldığı katmandır. Aracılık katmanı ise sürücü katmanı ve model katmanı arasındaki haberleşmeden sorumludur. Bu katmanların yanı sıra destekleyici yapılar olarak kayıt birimi (registry), uygulama program arayüzü (API) ve girdi/çıkış (I/O) birimleri vardır. Kayıt birimi WRF durum değişkenlerini nitelikleriyle birlikte listeleyen tabloların tutulduğu bir veri tabanıdır. Bu veri tabanından katmanlar arası arayüz, haberleşme ve model girdi/çıkışlarına çağrı döngüleri otomatik olarak oluşturulabilmektedir [4].

3.3. Koşut Çalışma Yapısı (Structure of Parallel Processing)

WRF koşut olarak çalıştırılırken iki seviyeli bir ayrıştırma stratejisi uygulanmaktadır. Birinci seviyede hava tahmini yapılacak bölge yatay düzlemde iki boyutlu (2-D) alanlara (doğu-batı, kuzey-güney) bölünür. Bölgenin üç boyutlu değil de iki boyutlu alanlara bölünmesinin nedeni, hava içerisinde hava tahmini yapmaya sağlayacak etmenlerin daha çok dikey olarak birbirlerine bağlı olmalarındandır. Bu nedenle yatay bölge üzerinde bulunan havadaki maddelerin dikey bağımlı hesapları, komşu bölgelerden bağımsız olarak yapılabilir. Komşu bölgelerle haberleşme sadece sınır hattı boyunca belirlenecek bölgeler için yapılmaktadır. Şekil 1'de birinci seviye ayrıştırma ve her bir bölgenin haberleşme için belirlenen sınır yapısı gösterilmiştir.



Şekil 1. İki boyutlu alan ayrıştırma yöntemi
(Figure 1. Two dimension domain decomposition method)

Her bir bölge dağıtılmış bellek yapısındaki bir işlemciye atanır [5]. Bölgelerin merkezinde kalan kısımların güncellemesi haberleşmeye ihtiyaç duyulmadan yapılmaktadır. Bölgelerin sınıra yakın kısımları (iç sınırlar), komşu bölgelerden bilgiye ihtiyaç duymaktadır. Haberleşme yükünü azaltmak

için komşu bölgelerin sınıra yakın kısımlarındaki (dış sınırlar) bilgiler yerel olarak bilgiyi alacak olan işlemcilerde kaydedilirler [6].

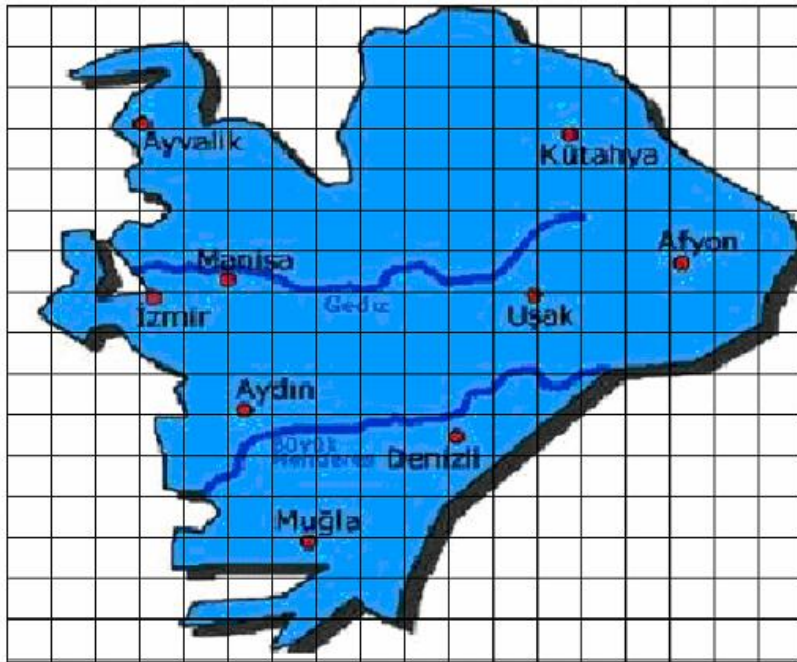
Tanım olarak, her bir bölgeye yama (patch) adı verilmektedir. Her bir yama daha sonra tek tek işlemler bazında ayrıştırılır ve her bir işlem için ayrılan kısma da parça (tile) adı verilmektedir. Bir başka deyişle her parça bir işleme karşılık gelmektedir. Bu da WRF'nin ayrıştırma stratejisinin ikinci seviyesidir. Bu seviyede ayrıştırma sayesinde WRF kodu, bellek yapısı hangi türde olursa olsun (örneğin, tamamıyla dağıtılmış, tamamıyla paylaşımlı ya da karma) tek işlemcili yapılara dahi paylaştırılabilmektedir. Bu da WRF'ye taşınabilirlik ve esneklik konusunda önemli avantajlar sağlamaktadır [5].

Yamalar arasında koşul işlem haberleşme kütüphanesi olarak MPI kullanılırken, parçalar arasında OpenMP kullanılmaktadır [6]. Veri transferi bloklar halinde yastık alanlara (buffer) yazılarak, bunların MPI_Bcast() komutuyla MPI_BYTE veri yapısında gönderilmesiyle gerçekleştirilmektedir.

4. HAVA TAHMİN BENZETİMİNİN HLA İLE OLAN UYGUNLUĞUNUN İNCELENMESİ (INVESTIGATION OF SUITABILITY OF THE HLA FOR WEATHER AND FORECAST MODEL)

Çalışmanın bu bölümünde verilen HLA bilgileri hava tahmin modellemesinde kullanılarak, teorik olarak bunun uygulanabilirliği incelenecektir.

Tasarımın ilk adımı olarak, hava tahmin modelinin HLA'ya uygun olarak tasarlanması için gerekli olan bazı tanımlamalar yapılmıştır. Bunlardan ilki, model olarak çalışılacak herhangi bir haritadır. Bu harita üzerinde veri dağıtımını yönetimi konusunda değinilen algoritmalarından izgara tabanlı veri dağıtımını yönetimi kullanılmıştır. Bu algoritmanın seçilmesindeki en önemli sebep diğer algoritmalara göre gereksiz bilgi alış-verişinin daha az olmasıdır. Tasarımın bir sonraki aşamasında, harita sayıdan bağımsız "NxM"lik hürelere bölünmüştür. Şekil 2'de hürelere bölünmüş harita görülmektedir.

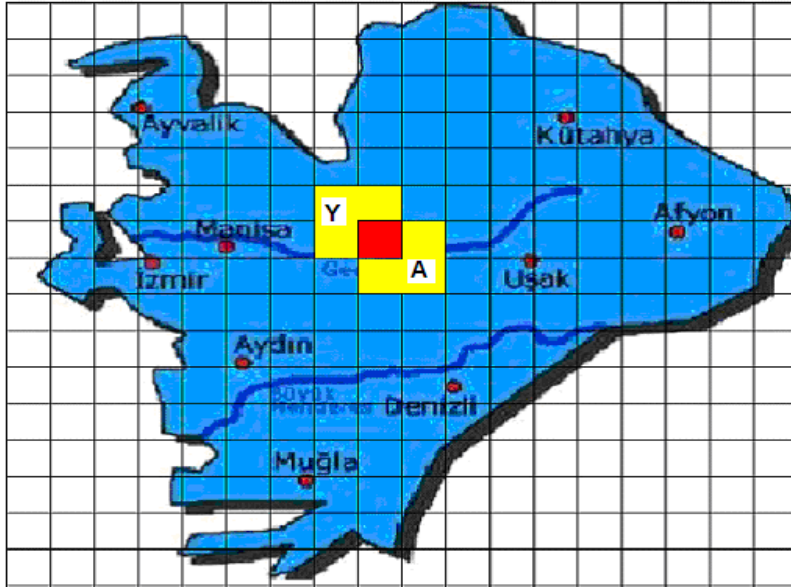


Şekil 2. Hürelere bölünmüş harita
(Figure 2. A map divided into cells)

Buradaki N ve M tamamen modellemenin amacına ve tasarımcıya göre değişebilen sayılardır. N ve M sayılarını artırmak, daha fazla sayıda küçük hücre elde etmek demektir. Hücreler ne kadar küçük olursa, gerekli olmadığı halde iletilen bilgilerin alınma olasılığı o kadar az olacaktır. Ancak hücre büyüklüğünün küçülmesi, hücrelerin sayısının artması ve bu hücrelere düşen abonelik ve yayınlama bölgelerinin yönetilmesinin daha pahalı olması anlamına gelmektedir. Bunun tersi durumda, hücre sayısı azaldıkça, daha geniş alanda çalışıldığı için gereksiz bilgiler, ilgisiz alanlara iletilmektedir. Başta da değinildiği gibi bu artı ve eksiler tasarımın türüne göre göz önüne alınmalı ve ona göre tasarım yapılmalıdır.

Bir sonraki aşamada, federeler tasarlanmıştır. Başlangıç olarak herhangi bir federe sayısı verilmemiştir. İlk federe benzetime katıldığı andan itibaren diğer federeler dinamik olarak benzetime katılma ve çıkma hakkına sahiptirler. Her federe ısı, sıcaklık, nem, basınç, rüzgar ve koordinat niteliklerine sahiptir. Her alanın ısı, sıcaklık, nem, basınç, rüzgar ve koordinat değerleri birbirinden farklı olduğu için federelerin birbirleri ile haberleşmelerinde bu değerler esas alınmıştır. Koordinat bilgisi, hangi federeden bilgi geldiğini veya hangi federeye bilgi gönderileceğinin bilinmesi açısından önemlidir. Federelerin birbirleriyle haberleşmeleri veri dağıtım yönetimi tarafından belirlenen standartlar doğrultusunda yayınlama (publish) ve abone olma (subscribe) mekanizmaları tarafından sağlanmıştır.

Örneğin; Federe_X'in, hücre NxM alanını yayınlamış olduğu varsayılın. Başka bir federe (Federe_Z) yine aynı hücredeki alana abone olsun. NxM hücresi içerisinde bir kesişme olup olmadığının kontrolü ilgili algoritmalarca yapılır. Eğer herhangi bir kesişmeye rastlanmış ise Federe_Z, Federe_X'in yayınladığı bilgileri alabilir. Bu durum Şekil 3'te detaylı gösterilmiştir.

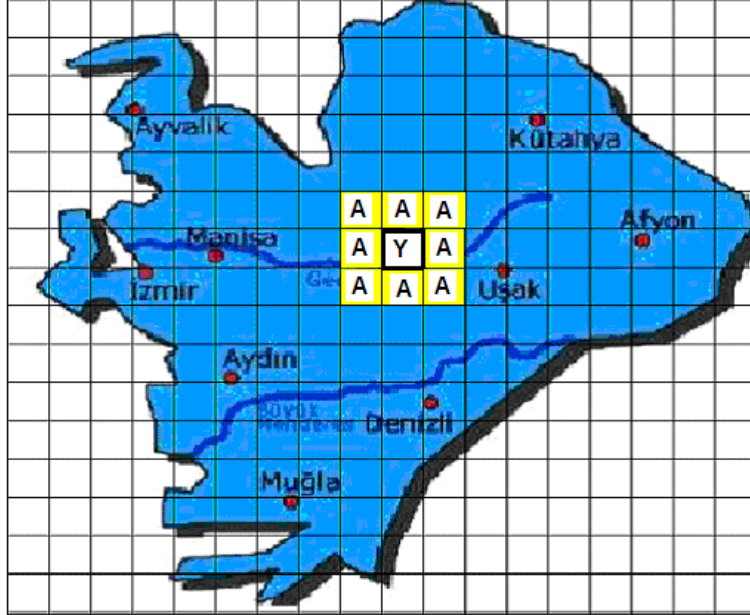


Şekil 3. Yayınlama ve abone olma mekanizması
(Figure 3. Publish and subscribe mechanism)

Şekil 3 'te görüldüğü gibi, Federe_Y dört hücrelik bir alanı yayınlamış ve Federe_A'da bu 4 hücrelik alandan birini kendi içerisine alacak şekilde bu alana abone olmuştur. Her iki alanın kesiştiği nokta gösterilmiştir.

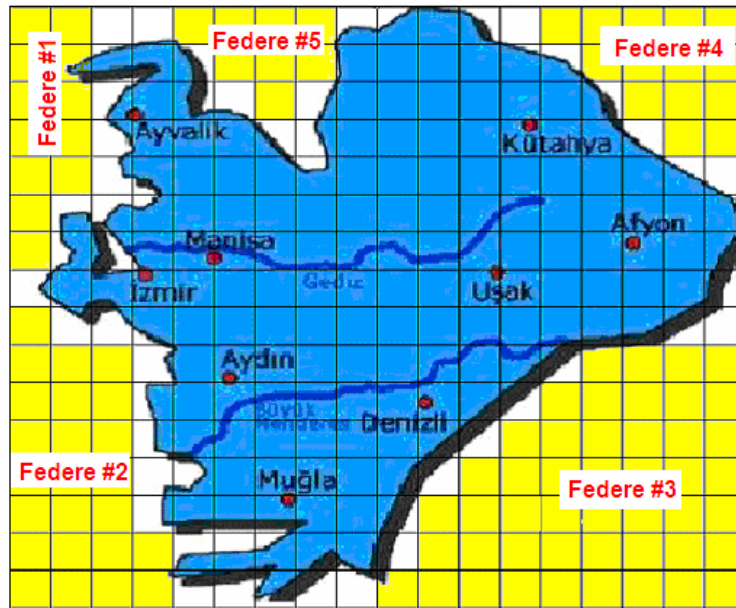
Federeler arası veri alış-verişi yapılırken, bir hücrenin içerisindeki alanı yayınlayan federe, kenar ve köşelerinin temas ettiği komşusu olan sekiz hücreye abone olması ve sadece bu bölümlerdeki

federelerin ısı, sıcaklık, nem, basınç, rüzgar ve koordinat değerlerini almaları tasarım olarak uygun görülmüştür. Diğer bir ifadeyle, bilgilerini yayınlayan federenin kendisinden çok uzaktaki bir alanın bilgilerine ihtiyaç duymayacağı düşünülmüştür. Şekil 4'te bu tasarım gösterilmiştir.



Şekil 4. Federeler arası iletişim
(Figure 4. Communication between federates)

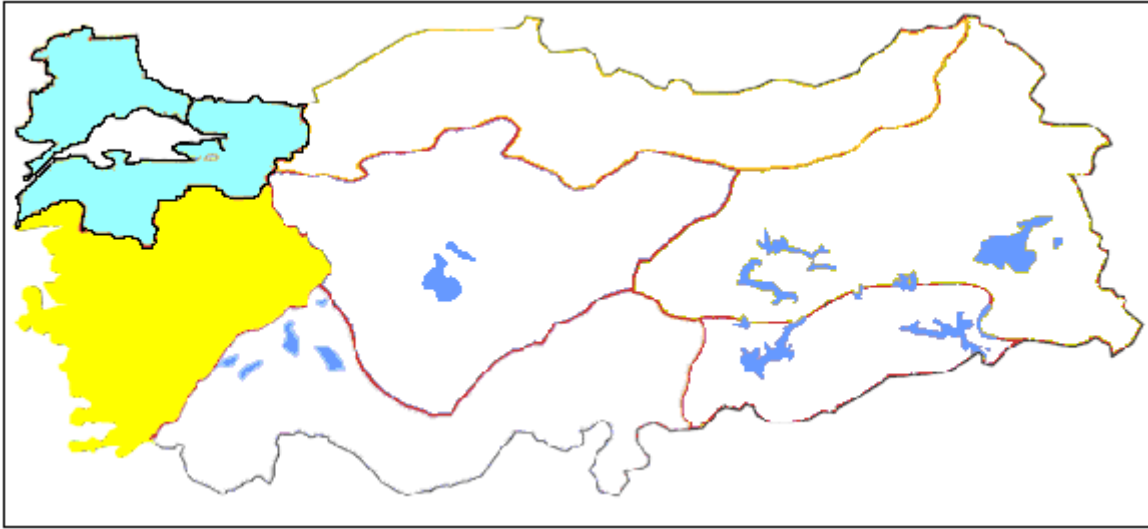
Şekil üzerinde görülen boş hücreler için de farklı bir tasarım düşünülmüştür. Harita alanına girmeyen köşelerdeki her bir hücreyi bir federeye atamak yerine topluca tek bir federenin sorumluluğuna atamak daha yararlı görülmektedir. Böylece ağ trafiği de fazla meşgul edilmemiş olacaktır. Bu durum Şekil 5'te görülmektedir.



Şekil 5. Harita alanına girmeyen federeler
(Figure 5. Federates which are not included into map)

Şekil 5'te görüldüğü gibi, harita alanına girmeyen hücreler topluca tek bir federenin sorumluluğuna verilmiştir. Örneğin; haritanın sol köşesinde kalan alanla ilgili her türlü bilgi Federe #2 tarafından yürütülecektir.

Bir diğer önemli konu, bu benzetimin yeniden kullanılabilir olması için neler yapılması gerektiği konusudur. Bunun için hücre konum bilgisi yerine enlem- boylam bilgisinin kullanılması daha yerinde olacaktır. Örneğin; Ege Bölgesi üzerinde çalışıldığında ve bu çalışma üzerine Marmara Bölgesi eklenmek istendiğinde, verilen hücre sayıları problemlere yol açacaktır. Marmara Bölgesi için tasarlanan hücre 5x6 ile Ege Bölgesi için tasarlanan 5x6 hücresi aynı alanı gösteriyor gibi algılanmaktadır. Oysaki her iki hücre farklı alanlara işaret etmektedir. Bu yüzden NxM hücresi demek yerine 29:06 doğu enlemi, 37:46 kuzey boylamı, Federe_X tarafından yayınlanmış ya da abone olunmuş şeklinde ifade edilmesi daha evrensel ve gerçekçi bir tanım olacaktır.



Şekil 6. Benzetimin yeniden kullanılabilirliği
(Figure 6. Reusability of simulation)

Sonuç olarak, hava tahmin modellemesinin günümüzde pek çok mimariyle benzetiminin yapılmasının yanında HLA ile benzetiminin yapılmasının mümkün olduğu görülmüştür. Bunun yanında HLA ile modellendiğinde yeniden kullanılabilirlik açısından avantaj sağlamakla birlikte başarımlar ve maliyet konularında da önemli yararlar sağlayacağı düşünülmektedir.

5. WRF VE HLA İLE TASARLANAN HAVA TAHMİN MODELİNİN KARŞILAŞTIRILMASI (COMPARISON OF WEATHER AND FORECAST MODEL WHICH IS DESIGNED WITH WRF AND HLA)

Tablo 1'de ise WRF ile HLA ile tasarlanan hava tahmini benzetimi, başarımlar, yeniden kullanılabilirlik, ölçeklenebilirlik, kolay gerçekleştirilebilirlik ve birlikte kullanılabilirlik kıstasları açısından karşılaştırılmıştır. Bu kıstasların karşılaştırılmasında şu hususlar dikkate alınmıştır:

- Başarımlar analizinde işlemciler arası veri gönderim sıklığı, gönderilen iletilerin boyutları ve kullanılan haberleşme alt yapısından kaynaklı gecikmeler incelenmiştir. Sık sık haberleşme ihtiyacı duyan ve bu haberleşmeler esnasında küçük boyutlu iletiler gönderen uygulamalar genel olarak başarımları düşük olarak değerlendirilmiştir.
- Ölçeklenebilirlikte uygulamanın işletim zamanının, veri yükü ve işlemci sayısı ile olan ilişkisine bakılmıştır. Veri yükü ve işlemci sayısı aynı oranda artırıldığında işletim zamanı değişmeyen uygulamalar ölçeklenebilir olarak değerlendirilmiştir

- Kolay gerçekleştirilebilirlikte uygulamanın boyutuna, dinamik veri yapısı kullanılıp kullanılmadığına ve uygulamayı gerçekleştirirken yardımcı araç desteğinin sağlanıp sağlanmadığına bakılmıştır. Büyük boyutlu ve dinamik uygulamalar kolay gerçekleştirilebilir olarak değerlendirilmemiştir.
- Yeniden kullanılabilirlik ve birlikte işlerlikte uygulamanın başka platformlara adapte edilmeyi destekleyip desteklemediğine ve geliştirilen uygulama parçalarının başka uygulamalarda tekrar kullanılıp kullanılmadıklarına bakılmıştır.
- HLA ile tasarlanan hava tahmin benzetiminde zaman yönetimi otomatik olarak sağlanmaktadır. Etkileşim hesaplarını yapıp, sonuçlarını yayınlayan federe, diğer federelerin de sonuçlarını yayınlayıp, daha sonra RTI tarafından ilgilendiği bilgilerin başarılı bir şekilde kendisine gönderilmesini bekler. RTI ise tüm federeler güncellemelerden başarılı bir şekilde haberdar olmadan, yeni yayın alımı yapmaz.

Tablo 1. WRF ve HLA ile tasarlanan hava tahmin modellemesi karşılaştırması
(Table 1. Comparison of weather and forecast model which is designed with
WRF and HLA)

	WRF (MPI ile)	HLA ile Hava Tahmin Benzetimi
Başarım Analizi	Düşük	Yüksek
Ölçeklenebilirlik	Düşük	Yüksek
Kolay gerçekleştirilebilirlik	Düşük	Yüksek
Yeniden kullanılabilirlik	Yüksek	Yüksek
Birlikte kullanılabilirlik	Yüksek	Yüksek

Hava tahmin modellemesinde, MPI iletişimini kötü yönde etkileyen küçük zaman aralıklarında veri değişimi ihtiyacı olmaktadır ve çoğu zaman ileti boyutları küçüktür [6]. Bu da veri iletimi etkinliğini önemli ölçüde azaltmaktadır. Hücrelerin sınır bölgelerinde bulunan ve komşu hücrelerdeki değişkenlere bağlı olan değerler, hesaplar tamamlanmadan iletilemeyecekleri için, sık ileti gönderimi zaman maliyetini önemli ölçüde olumsuz etkileyen bir faktör olmaktadır. HLA'da WRF gibi alan ayrıştırma yöntemi kullanılmasına rağmen, MPI gibi bir veri iletimi kütüphanesinin kullanılmaması ve haberleşmeyi düzenleyen veri dağıtım yönetimi servisinin bulunması, HLA'nın başarımının daha iyi olacağı beklentisini yaratmaktadır.

WRF'de kullanılan alan ayrıştırma yöntemi molekül dinamiği benzetiminde kullanılan alan ayrıştırma yöntemiyle benzerlik göstermektedir. Molekül dinamiği alan ayrıştırma yönteminden farklı olarak, parçacıkların yer değiştirmesi gibi bir şey söz konusu olmadığından, parçacık takibi gibi bir durum söz konusu değildir. Ancak yine de bu, hava tahmin modellemesinin kolay gerçekleştirilebilir olarak değerlendirilmesine yeterli olmamaktadır.

WRF'nin ölçeklenebilirliğini ölçmek için çeşitli platformlarda, işlemci sayısını ve hücre sayısını aynı oranda artırarak işlem zamanı ölçülmüştür [6]. İşlemci sayısı birden başlayarak artırılmıştır. İşlemci sayısı ve hücre sayısı aynı oranda artırıldığında işlem zamanı değişmeyen sistemler ölçeklenebilir olarak kabul edilmektedir. Buna göre başlangıç değerleri için (1-50) ölçeklenebilirliğin oldukça zayıf olduğu gözlemlenmiştir. Sisteme her yeni işlemci katıldığında, paylaşımlı bellek veri yolunda yaşanan bellek erişimi çekişmesi (contention) durumu daha da kötüleştirilmiştir. Ayrıca artan MPI haberleşme yükü de fazladan başarım düşüşüne sebep olmuştur. Testlerde kullanılan, daha düşük işlem kapasitesine rağmen daha hızlı bir iletişim ağı altyapısına sahip olan PSC TSC (Pittsburgh Supercomputing Center Terascale Computing System) sistemi dışındaki sistemlerde WRF ölçeklenebilir olmaktan uzak bir görünüm

sergilemiştir [6]. Sonuç olarak ölçeklenebilirliğin haberleşme etkinliğiyle doğru orantılı olduğu da söylenebilir.

WRF'nin katmanlı yapısı tasarlanırken, her bir katmanın bağımsız olarak da çalışabilmesi hedeflenmiştir. Örneğin WRF için yazılan sürücü katmanı arayüz gereksinimleri yerine getirildiği müddetçe başka modeller tarafından da kullanılabilir, ya da başka modeller için yazılmış sürücü katmanları WRF'ye bütünleştirilebilmektedir [5]. Bu özellikleriyle WRF birlikte kullanılabilir ve yeniden kullanılabilir olarak değerlendirilmektedir.

WRF'yi geliştirenler Fortran90 programlama diliyle beraber MPI kullandıkları için WRF'nin kaynak kodu oldukça uzun ve bir o kadar da anlaşılması zor bir kod haline gelmiştir. Aynı uygulamanın HLA ile gerçekleştirilmesinde ise, veri dağıtım yönetimi servisi aracılığıyla komşuluk ilişkileri belirlenerek, abone olma ve yayınlama mekanizmalarınca federeler arasındaki iletişim sağlanabilmektedir. Federeler arası iletişim gerçekleştirilirken ızgara tabanlı veri dağıtım yönetimi kullanılarak haberleşme alanı istenilen boyutta genişletilebilir veya daraltılabilir.

6. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışma, günümüzde yaygın olarak kullanılan ve koşut işlem gereksinimi olan bilimsel benzetim uygulamalarından, hava tahmin benzetiminin HLA ile olan uygunluğunu konu alır.

HLA savunma amaçlı sistemlerin benzetiminde kullanılmak üzere geliştirilmiş ve standartlaşmış (IEEE 1516) bir mimaridir. HLA'nın savunma amaçlı uygulamalarındaki başarısı bu mimarinin sivil uygulamalarda da kullanımının yaygınlaşmasına neden olmuştur. Ancak koşut işlem gereksinimi olan bilimsel benzetim uygulamalarında henüz tam anlamıyla yerini almamıştır.

Bu çalışma kapsamında, koşut işlem gereksinimi olan bilimsel benzetim uygulamalarından durağan bir etkileşim sergileyen Hava Tahmin Benzetimi, ele alınmış ve bu uygulamanın HLA ile gerçekleştirilebilirliği incelenmiştir. Bu kapsamda hava tahmin benzetimi uygulaması için HLA kuralları göz önünde bulundurularak nesnelere arasındaki komşuluk ve abone olma/yayınlama mekanizmalarının nasıl belirleneceği belirtilmiştir.

Yukarıda bahsedilen örnek uygulamanın, koşut ortamda gerçekleşmiş benzetim modelleri bulunmuş ve incelenmiştir. Bu örneklerin koşut olarak modellenmiş uygulamalarıyla HLA ile tasarlanan yapıları başarımlı analiz, ölçeklenebilirlik, kolay gerçekleştirilebilirlik, yeniden kullanılabilirlik ve birlikte çalışabilirlik kıstasları açısından karşılaştırılmıştır.

Hava tahmin benzetimi uygulamalarında kullanılan alan ayırıştırma yöntemi HLA'da kullanılan ızgara tabanlı veri dağıtım yönetimiyle büyük ölçüde benzerlik göstermektedir. Veri dağıtım yönetimi yapısının büyük ölçüde benzerlik göstermesi ve bu iki uygulamanın daha önce koşut ortamda gerçekleşmiş olması, bu uygulamaların dağıtılmış mimariyi destekleyen HLA ile de gerçekleştirilebileceğinin önemli bir göstergesidir.

Sonuç olarak, bütün bulgular göz önüne alındığında örnek olarak incelenen hava tahmin benzetimi uygulamasının HLA ile modellenilebileceği tespit edildiği gibi gerçekleştirilen modellemelerin de özellikle yeniden kullanılabilirlik ve birlikte çalışabilirlik kıstasları açısından daha avantajlı olacağı sonucuna varılmıştır. Bunun yanında HLA, koddan bağımsız nesne modelleme imkânı sağladığı için yazılan kodun her defasında yeniden düzenlenmesi ve başkası tarafından anlaşılma zorluğu da ortadan kalkmaktadır.

Elde edilen bilgiler ışığında, gelecek çalışma olarak bu çalışma kapsamında incelenen bilimsel benzetim uygulamaları HLA ile gerçekleştirilebilir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Kuhl, F., Weatherly R., and Dahmann J., (1999). Creating Computer Simulation Systems-An Introduction to the High Level Architecture, Prentice Hall, Chapter 4, 39-82
2. Michalakes, J., Chen, S., Dudhia, J., Hart, L., Klemp, J., and Middlecoff, J., (2001). Development of a Next Generation Regional Weather Research and Forecast Model, in Developments of Teracomputing, World Scientific, River Edge, New Jersey, 269-276
3. Michalakes, J., Dudhia, J., Gill, D., Klemp, J., and Skamarock, W., (1999). Design of a Next Generation Regional Weather Research and Forecast Model, Towards Teracomputing, World Scientific, River Edge, New Jersey, 209-225
4. Michalakes, J., Dudhia, J., Gill, D., Henderson, T., Klemp, J., Skamarock, W., and Wang, W., (2004). The Weather Research and Forecast Model : Software Architecture and Performance, Proceedings 11th ECMWF Workshop on the Use of High Performance Computing in Meteorology, 1-13
5. Michalakes, J., McAtee, M., and Wegiele, J., (2005). Software Infrastructure for the Weather Research and Forecast Model, 1-13
6. Xue, M., Droegemeier, K.K., and Weber, D., (2007). Numerical Prediction of High Impact Local Weather : A Driver for Petascale Computing, Ch. 18, 1-17
7. Defense Modeling and Simulation Office (DMSO), (1998). High Level Architecture Interface Specification, Version 1.3
8. Defense Modeling and Simulation Office (DMSO), (1998). HLA ObjectModelTemplate, Version 1.3
9. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, (2008). <http://www.meteo.gov.tr>