

ROBOT KONTROLÜNDE MELEZ MİMARİLER

July 2, 2001

Contents

1 Örnek Melez Mimariler	5
1.1 Atlantis	5
1.2 Planner-Reactor	5
1.3 AuRA	5
1.4 Diğer Melez Örnekler	6
2 REFERANSLAR	7

1980'lerin ortalarına kadar AI dünyasında genel görüş özerk-hareketli bir robota ait kontrol sisteminin üç işlevsel bölümden oluşması gerektiği idi:

- Hissetme sistemi
- Planlama sistemi
- Uygulama sistemi

Hissetme sistemi, hissedicilerden elde edilen bilgiyi bir dış dünya modeline uyarlamak ile görevlidir. Planlama sistemi, bu dış dünya modelini kullanarak, hedeflere ulaşılabilmesini sağlayacak bir plan oluşturur. Uygulama sisteminin görevi ise, oluşturulan planın gerektirdiği hareketleri yerine getirmektir.

Hissetme-Planlama-Hareket(Sense-Plan-Act) yaklaşımı iki belirgin özellik gösterir:

- Kontrol akışı tek yönlü ve doğrusaldır
- Planı oluşturmak uygulamaktan çok daha zordur. Zeka uygulama sisteminde değil, planlama sistemindedir.

SPA yaklaşımı pratikte hiyerarşik bir yapı şeklinde karşımıza çıkar. En üst katmanda en genel plan çalışır. Her katman, kendi hedefine ulaşmak için yaptığı plan sonucu ortaya çıkan ara-hedefleri bir alt katmana ana-hedef olarak gönderir.



Figure 1: Deliberative – Tepkisel

Görüş açısı en üst katmanda en fazla, en alt katmanda ise en azdır. En alt katmanda en özel, uygulama süresi en çok kısıtlanmış olan plan çalışır, en üst katmanda ise böyle bir kısıtlama yoktur. Bütün katmanlar, temsili bilginin paylaşıldığı bir “global memory” ile birleştirilirler. Bu yapı, AI topluluğunca “Deliberative/Hierarchical Control” olarak adlandırılmaktadır. Örnek mimariler: NASREM(Albus, McCain, Lumia 1987), Freedom(Lumia 1994), ...

Robot mimarilerinde “Deliberative Control” un zıttı olarak karşımıza tepkisel (Reactive) kontrol çıkar. Tepkisel mimariler hiçbir dış dünya modeli veya “internal state” kullanmayıp, algılama ile hareket arasında doğrudan bir bağlantı oluştururlar. Böyle bir yapı, belirgin bir yapıya sahip olmayan, dinamik ortamlarda gerçek zamanlı robot kontrolüne imkan verir.

Deliberative ve Tepkisel kontrol sistemlerinin çeşitli açılardan karşılaştırılmaları Figür 1’de verilmiştir:

1980’lerin ortalarına doğru, SPA’nın yetersizlikleri iyice ortaya çıkmaya başlamıştı. SPA, öncelikle dış dünyanın sembolik bir modelinin oluşturulmasını gerektirmektedir. Bu durum modelleme safhasında bazı kabullerin yapılacağı anlamına gelir, karmaşık bir ortamı ise her zaman eksiksiz bir model ile temsil etmek mümkün değildir. Ayrıca, böyle bir model oluşturulurken kullanılan bilgiler, dinamik bir ortamda geçerliliklerini çok kısa bir sürede yitirebilirler. SPA, dış dünyanın tutarlı ve tahmin edilebilir olduğu durumlarda, oldukça kullanışlıdır. Oluşturulan sembolik model, robotun görevini yerine getirmesi için planlama yapabilmesine ve sonuca doğrudan gidebilmesine izin verir. Fakat, belirsizliklerin çok, tahmin edilebilirliğin az olduğu bir ortamda tek yönlü kontrol akışı açıkça yetersiz kalmaktadır. Dış dünya ile “internal state” arasındaki eşgüdüm kaybedildiğinde sistem işlevselliğini tamamen yitirir. Planlama aşamasının da sistemin genel performansını büyük ölçüde düşürdüğü açıktır, ayrıca planlama sisteminin geliştirilmesi gerçekten çok zahmetli bir iştir.

Bütün bu veriler doğrultusunda, pek çok araştırmacı farklı bir uygulama mekanizması geliştirilmesi gerektiğini ileri sürdü (Firby 1987, Agre 1987, Payton 1986). Fakat, SPA'dan en önemli sapma, Rodney Brooks'un ortaya koyduğu tamamen tepkisel davranış-temelli Subsumption mimarisidir. Brooks, bütün algılama, işleme ve davranışların tek bir bütün içinde temsil edilmeye çalışılmasının gereksiz olduğunu iddia ediyor, hissetme-planlama-hareket mantığının ve temsili dünya modelleri oluşturma çabasının robot bilimcileri aslında yanlış bir noktaya ittiğini ileri sürüyordu. Brooks'un bakış açısı aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- En iyi dünya modeli dünyanın kendisidir, sembolik modeller değersizdir.
- Karmaşık davranışlar üretmek için karmaşık modellere gerek yoktur.
- Hiyerarşik modeller ve planlama mantığı, robotun dış dünyadaki gelişmelere anında tepki verebilmesine engeldir.
- Hissetme ile elde edilen anlık dış dünya bilgisi, robotun görevini yerine getirebilmesini sağlayacak uygun bir hareketi seçebilmesi için yeterlidir.
- Robot mimarisi kolay geliştirilebilir olmalıdır.

Subsumption mimarisi ile geliştirilen robotlar özellikle çarpışmasız dolaşma alanında (collision-free robot navigation) çok büyük başarılar gösterdiler. Fakat kısa zamanda Subsumption mimarisinin robot yeteneklerine getirdiği sınırlamalar da ortaya çıktı. Subsumption temelli robotlar hızlarına ve esnekliklerine rağmen asla mükemmelle ulaşamıyorlardı (Herbert Architecture, Connell - 1989). Bunu sebebi belki de karmaşıklığı ele alacak bir mekanizmadan yoksun oluşlarıydı. Ayrıca, subsumption mimarisi yeterince modüler değildi (üst katmanlar alt katmanlara müdahale edebiliyordu). Alt katmanlarda yapılacak küçük bir değişiklik bile bütün bir sistemin yeniden tasarlanmasını gerektiriyordu. Diğer bir problem de hangi davranışın hangi katmanda yapılandırılacağına belirlenmesi idi. Bazı durumlarda, alt katmana yerleştirilmiş bir davranışın üst katmanlara müdahale etmesi gerekebilirdi.

Subsumption mimarisinin eksiklerini ve getirdiği sınırlamaları kaldırmak amacıyla yapılan çalışmalar, çok daha yetenekli ve hatasız robotların ortaya çıkmasını sağlamıştır. Tooth ve RockyIII bu konuda en iyi bilinen örneklerdir. Her iki sistemin ortak özelliği, üst katmanların alt katmanlara müdahale etmek yerine, sadece tavsiye verebilen bir hale getirilmeleridir. Tooth ve RockyIII (Gat, 1994) basit dolaşmadan daha karmaşık işleri güvenilir ve hatasız bir şekilde yapabilen ilk özerk robotlar arasında yer almışlardır. Fakat yine de çok önemli bir yetersizlikleri vardı: farklı bir görev için tüm kontrol sistemlerinin baştan kodlanmaları gerekiyordu!

Brooks'un çabaları, özerk robot araştırmalarına yeni bir yön vermiş, davranış-temelli mimariler büyük önem kazanmıştır. Fakat devam eden araştırmalar, aslında sembolik veya daha farklı bir biçimde, bilginin kullanımının davranış-temelli sistemleri daha esnek, daha genel ve daha verimli bir hale getirebildiğini göstermiştir. Daha genel amaçlı ve yeterlilikleri daha fazla olan robotların yaratılması, "deliberative" sistemlerin temsili bilgi kullanımını mümkün kılan yapıları ile tepkisel sistemlerin anında cevap verebilen, sağlıklı yapılarının melez mimariler kullanılarak bir araya getirilmesini gerektirmektedir. "Deliberative" sistemlerin tepkisel davranış temelli sistemlere katkısı çeşitli biçimlerde olabilir:

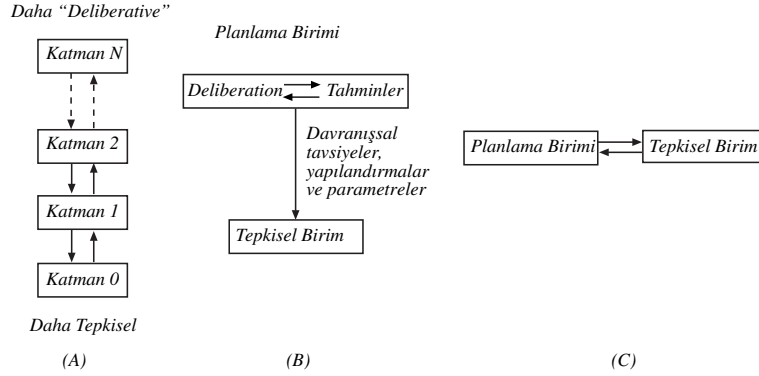


Figure 2: Planlama ve tepkinin hiyerarşik entegrasyonu, Planlamanın tepkiye rehberlik etmesi, Planlama ve tepkinin birbirlerine rehberlik etmeleri

- Davranışlar, ve algılama yöntemleri, eğer bağımsız birimler halinde gerçekleştirilebilirler ise, "deliberative reasoning" ile farklı ortam ve görevlere göre bu birimlerin en uygun olanlarının seçilmesi mümkün olabilir.
- Dış dünya bilgisi davranışların daha verimli bir şekilde yapılandırılmalarını mümkün kılabilir.
- Dinamik bir şekilde elde edilen dış dünya modeli, saf tepkisel sistemlerin maruz kaldığı bazı problemlerin çözümünde kullanılabilir: yerel minimum problemi, hissedici hatalarından kaynaklanan sorunlar, ...

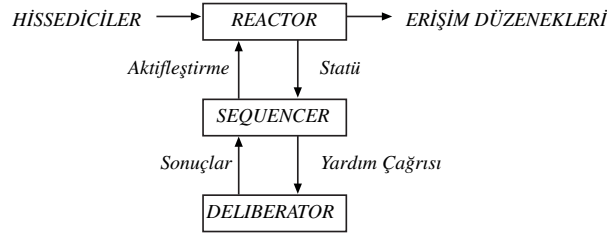
Melez sistemler üzerinde yapılan araştırmalar, temsili bilginin robot davranışlarını geliştirmek, ve daha anlamlı hale getirmek için şart olduğunu, tepkisel davranış temelli bir sistemin tek başına robotu basit hayat formlarına mahkum ettiğini kabul ederler. Ana problem işlevselliğin paylaşımının, ve koordinasyonun nasıl sağlanacağıdır. Lyons bu konuda üç farklı yol gösterir:

Planlama ve tepkinin hiyerarşik entegrasyonu Deliberative planlama ve tepkisel hareket farklı faaliyetler, zaman kısıtlamaları ve görüş açıları ile ilişkilidirler. Aslında, her iki stratejiyi de içeren çok seviyeli hiyerarşik bir yapı oluşturulabilir. Planlama veya tepkiselliğin ölçeği içinde bulunan duruma göre değiştirilebilir. (Figür 2, Panel (A))

Planlamanın tepkiye rehberlik etmesi Planlama birimi, tepkisel kontrol sisteminin yapılandırılmasını, parametrelerinin belirlenmesini sağlar, hareket tamamen tepkisel birimin himayesi altındadır. Planlama sistemi, önceden yapılmış planların olası sonuçlarını da tahmin edebilir ve bu doğrultuda tepkisel birimi yeniden yapılandırabilir. (Figür 2, Panel (B))

Planlama ve tepkinin birbirlerine rehberlik etmeleri Planlama birimi ve tepkisel birim, aynı anda çalışan ve birbirlerine rehberlik eden faaliyetlerdir. (Figür 2, Panel (C))

Günümüzde en çok kullanılan melez sistemler, tepkisel bir kontrol mekanizması, yavaş bir "deliberative" planlama birimi ve bunları birleştiren bir sıralama



(sequencing) mekanizmasından oluşan üç katmanlı mimarilerdir (Three Layer Architectures). Üç katmanlı mimariler, robot kontrol algoritmalarının üç ana kategoriye ayrılabilceğini kabul ederler:

1. Hissediciler ile erişim düzeneklerini birbirleriyle doğrudan doğruya eşleştiren, internal state kullanımından mümkün olduğunca kaçınan, gerçek zamanlı tepkisel kontrol algoritmaları: duvar takibi, çarpışmalardan kaçınarak hedefe ilerleme, kapı aralığından geçme, vb ...
2. Arama(search) yapmayan, fakat önemli ölçüde internal state kullanan ve bu doğrultuda belirli davranış dizilerini devreye sokabilen algoritmalar
3. Zaman harcıyıcı, deliberative algoritmalar: planlama veya diğer arama temelli algoritmalar, görüş(vision) algoritmaları

Üç katmanlı mimariler 1. ve 3. tip algoritmaların 2. tip algoritmalar ile anlaşılabilmesini sağlayacak etkin arayüzlerin oluşturulabileceğini varsayarlar. 1. ve 3. tip algoritmalar alışılmış programlama dilleri kullanılarak kodlanabilirler. 2. tip algoritmalar ise şartlı sıralamaya(conditional sequencing) izin veren özel amaçlı dillere ihtiyaç duyarlar. RAPs(Firby 1989), PRS(Georgeff 1987) ve ESL(Gat 1997) bu konuda en tanınmış diller arasındadırlar.

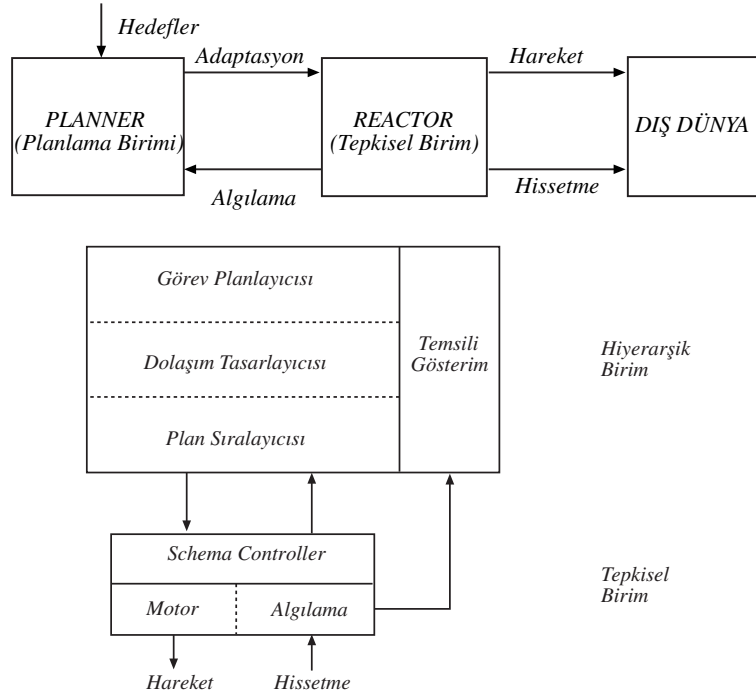
1 Örnek Melez Mimariler

1.1 Atlantis

Gat tarafından 1991 yılında Jet Propulsion Laboratory’de geliştirilen Atlantis üç katmanlı bir mimariye sahiptir: reactor, deliberator ve sequencer. Tepkisel kontrol birimi (reactor), basit seviyeli pek çok faaliyeti yerine getirmekle sorumludur. Sequencer, reactor tarafından kullanılacak davranış biçimlerini belirlemek, tepkisel sistemde oluşan hataları takip etmek ve gerektiğinde deliberator’a danışarak sistemin davranışlarını yeniden yapılandırmak ile yükümlüdür. Deliberator, planlama ve dış dünyayı modelleme işlerini yapar, sequencer’a tavsiye verebilir, fakat emredemez. Tüm sistem zaman uyumsuz ve heterojendir.

1.2 Planner-Reactor

Lyons ve Hendrix tarafından geliştirilen Planner-Reactor mimarisi, planlama birimini, çalışmakta olan tepkisel bir kontrol sistemini devamlı bir şekilde geliştirmekle



görevlendirir. Planlama birimi, tepkisel birimi devamlı olarak takip eder, dış dünyadaki değişimlere, veya görev değişikliklerine uygun olarak davranış biçimlerini de değiştirir. Bu şekilde, planlama sisteminin adaptasyonunu sağlamış olur.

1.3 AuRA

Arkin tarafından geliştirilen AuRA (Autonomous Robot Architecture), geleneksel yapay zeka tekniklerini uygulayan deliberative hiyerarşik bir planlama birimi ile "Schema Theory (Arbib 1992)" ile yapılandırılmış tepkisel bir kontrol biriminden oluşur. Hiyerarşik planlama sistemi üç ana bileşenden oluşur: görev planlayıcısı (mission planner), dolaşım tasarlayıcısı (spatial reasoner - navigator) ve plan sıralayıcısı (plan sequencer). Görev planlayıcısı genelde insan kullanıcı için bir arayüz şeklindedir. Dolaşım tasarlayıcısı, sembolik bir dünya modeli kullanarak izlenecek patikaları belirler. Plan sıralayıcısı ise dolaşım tasarlayıcısından aldığı bilgileri kullanarak gerekli davranış dizilerini yaratır ve bunları tepkisel birime yollar.

Tepkisel hareket bir kez başlatıldıktan sonra, hedefe ilerlemede herhangi bir başarısızlık yaşanmadığı sürece deliberative birim tekrar aktifleştirilmez. Eğer tepkisel harekette bir terslik gözlenirse (zaman aşımı, uzun süreli hareketsizlik, vb), hiyerarşik planlama sistemi tekrar harekete geçirilir. Önce, plan sıralayıcısı yeni bir davranış sıralaması yaparak problemi çözmeye çalışır. Bunun bir faydası olmuyorsa, dolaşım tasarlayıcısı aktifleştirilir ve yeni rotalar bulunur. Aşağıdan yukarıya doğru bir aktifleştirme söz konusudur. Tüm sistem Figure 5'te daha iyi gözlemlenebilir:

1.4 Diğer Melez Örnekler

- The Procedural Reasoning System (Georgeff ve Lansky, 1987)
- SSS (Connell, 1992)
- Multi-Valued Logic (Saffiotti 1995)
- SOMASS Hybrid Assembly System (Malcolm ve Smithers, 1990)
- Agent Architecture (Hayes-Roth, 1993)
- Theo-Agent (Mitchell, 1990)
- Generic Robot Architecture (Noreils ve Chatila, 1995)
- Dynamical Systems Approach (Schöner ve Dose, 1992)
- Supervenience Architecture (Spector 1992)
- Teleoreactive Agent Architecture (Benson ve Nilsson, 1995)
- Reactive Deliberation (Sahota, 1993)
- Integrated Path Planning and Dynamic Steering Control (Krogh ve Thorpe, 1986)
- The Phoenix Autonomous Underwater Vehicle (Brutzman, Healey, Marco ve McGhee, 1996)

2 REFERANSLAR

- Behaviour Based Robotics, Ronald C. Arkin, The MIT Press, 1998
- Artificial Intelligence and Mobile Robots, R. Peter Bonasso and Robin Murphy, The MIT Press
- Rodney A. Brooks
- Erann Gat
- Ronald C. Arkin
- Jonathan H. Connell
- R. James Firby