

Karıncalar Yiyeceklerini Nasıl Bulurlar?

Birçok karınca türü yuvalarındaki diğer karıncalarla feromon adı verilen kimyasal kokularla iletişim kurarlar. Feromonlar karıncalar ve başka hayvanlar (insanlar dahil) tarafından çeşitli şekillerde kullanılır; fakat en çok ilgimizi çeken karıncaların feromonları çevrede birbirlerine yol göstermek için kullanımlarıdır. Bu özel kullanım şekli, bir ağda bilgi akışının yönlendirilmesi konusuyula doğrudan bağlantılıdır.

Yiyecek arayan bir karınca kolonisini ele alalım. Bu koloniyi incelediğimizde, ilk bakışta, karıncaların çoğu kez yuvalarıyla yiyecek kaynağı arasında sıra halinde ilerlediklerini görürüz. Bir sıra halinde yürüyen "karınca ordusu" kavramı popüler kültüre de girmiştir. Karınca-sever yerlerde yaşayan insanların çoğu (ki yeryüzünde insanların yaşamasına uygun olan hemen her yerde) bu yürüme şekline tanık olmuşlardır. Düz bir çizgide ilerlemek genellikle, bir yere ulaşmak için en kısa yoldur; aynı zamanda yiyecek taşıma sorununu da verimli bir şekilde aşmak için etkili bir çözümdür. Bu özel davranışa dikkat etmezsek, ilginç değilmiş gibi geçip gidebiliriz.

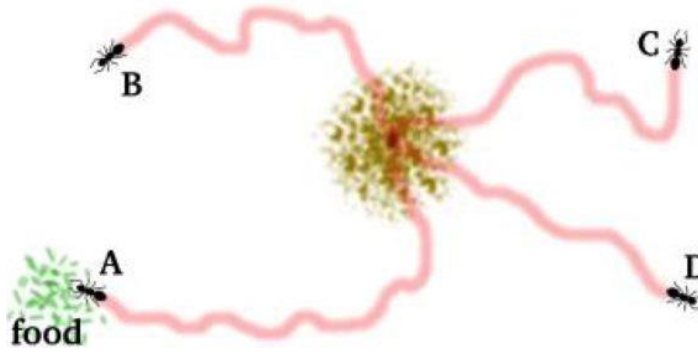


Photo by [Harold Thimbleby](#) --- used without permission

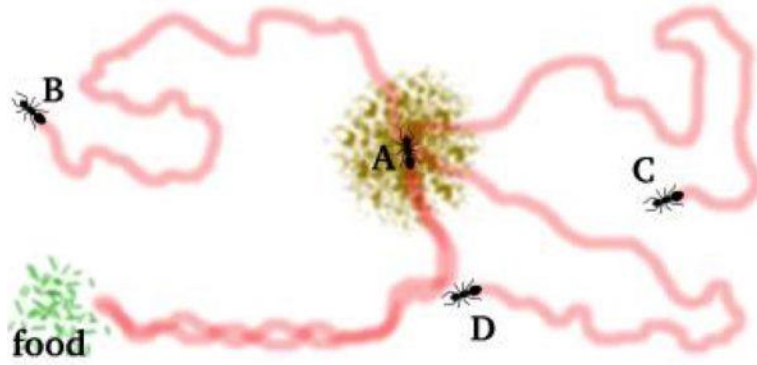
Kuşkusuz biz insanlar da aynı şeyi yaparız; grup halinde yürüyüşlerimizde bir çizgi üzerinde sıralanarak yürürüz. Bir karıncalar dizisine yukardan baktığımızda, "Ne olmuş yani?" diye düşünebiliriz. Ancak, karıncalara kıyasla biz, devasa beyinlere ve son derece karmaşık görme sistemlerine sahibiz (insan beyninin %25'inden fazlası görme işlevine ayrılmıştır). Ayrıca bölgeyi daha ayrıntılı, geniş olarak görebiliyoruz. Bu avantajlarla bile, özellikle engellerle dolu bir çevrede, yolunu etkin bir şekilde bulabilmek bizim için de kolay bir iş değildir. Karıncaların beyinlerinin görece daha yalın olduğu dikkate alınırsa, toplu olarak zekice yol bulmalarını önemsiz sayıp bir kenara atamayız. Peki, bunu nasıl başarıyorlar?

Karınca kolonisinin başlangıçta yiyeceğin yerini bilmeden yola çıktığı tahmin ediliyor. Böyle bir durumda insanların izleyeceği strateji, çevreyi tarayacak bir "arama ekibi" göndermek olurdu. Yiyecek bulan izciler bunun bir kısmını üslerine getirecek; diğerlerine de yiyeceğin nerede olduğuna dair bilgi vereceklerdir. Fakat karıncaların doğrudan, insan tarzı bir arama yapmalarını engelleyen iki sorun vardır. Birincisi, bir karınca izci yiyeceği bulduktan sonra yuvasına dönüş yolunu nasıl bulacaktır? İkincisi, bu izci yuvasına geri dönse bile, diğer karıncalara yiyeceğin yerini nasıl tarif edecektir? İşte bu iki sorunun çözümü feromonların zekice kullanımında yatıyor.

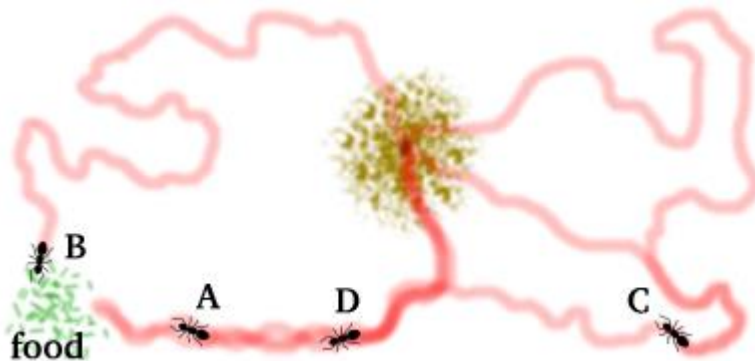
Her karınca, "yuvayı bulma" problemini çözmek için, yiyecek ararken ardında bir feromon izi bırakır. Aşağıdaki resimlerde, gezinen her karıncanın bıraktığı feromon izi açık kırmızıyla gösterilmiştir.



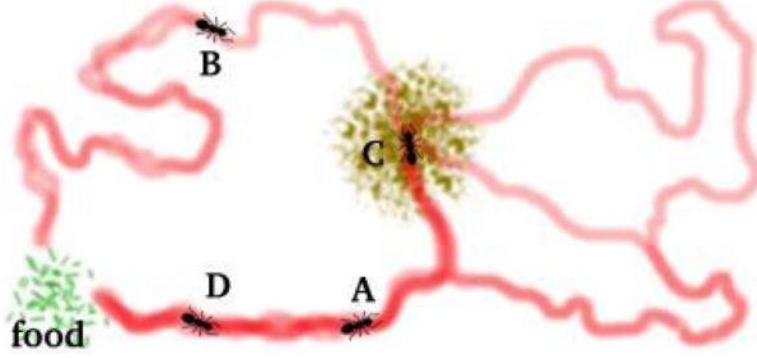
Bir karınca yiyecek bulduğu zaman kendi feromon izini yuvasına kadar sürebilir. Bu tıpkı eve geri dönebilmek için ormanın içinde arkanızda ekmek kırıntıları bırakmaya benzer. Karınca ikinci sorunu yani diğerlerine haber vermeyi, geri dönerken bir kez daha feromon bırakarak çözer. İki kez bırakılan feromon karıncanın izlediği yolda daha güçlü bir koku yayar ve yiyeceğe giden yolu belli eder. Aşağıdaki resimde A kodlu karınca yiyeceğe ilk önce ulaşmıştır ve kendi izini izleyerek yuvaya geri dönmüştür. Diğer üç karınca hala yiyecek aramaktadırlar.



Diğer karıncalar başka bir feromon izine rastladıkları anda yiyecek aramaktan vazgeçer ve buldukları feromon izini takip etmeye başlarlar. Aşağıdaki resimde D kodlu karınca, A kodlu karınca tarafından oluşturulmuş çift feromonlu yolu keşfetmiş ve o yolu izlemeye başlamıştır. C kodlu karınca ise D kodlu karınca tarafından oluşturulmuş tek feromonlu yola denk gelmiş ve o yolu izlemeye başlamıştır. C kod adlı karıncada bu yolu izleyerek A kod adlı karıncanın oluşturduğu çift feromonlu yolu bulacaktır. B kod adlı karınca ise kendi yolunda devam ederek yiyeceği bulmuş ve A kod adlı karıncanın rotasıyla bağlantısı olmayan fakat yiyeceğe giden yeni bir rota oluşturmuştur.



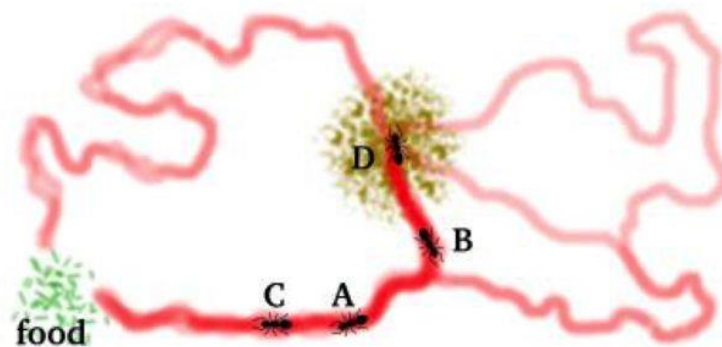
Eğer feromon izi karıncayı yuvaya eli boş gönderirse karınca gittiği yolun aksi istikametine doğru yeni bir yol izlemeye başlar. Sonunda yiyeceğe ulaştığı zaman bir parça alır ve aynı yolu izleyerek yuvaya geri döner. Geri dönerken karınca tekrar feromon bırakarak yiyeceğe giden yolun izini güçlendirir. Aşağıdaki resimde C kodlu karınca, A kodlu karıncanın yoluna katılır. Fakat yolu yanlış yönde takip ederek yuvaya eli boş döner. B kodlu karınca kendi yolunu izleyerek yuvaya geri döner. Kendi yolunu izlerken hiçbir şekilde diğer karıncaların oluşturduğu daha kısa yola denk gelmez. A ve D kodlu karıncalar açılmış yiyecek yolu üzerinden yuvaya yiyecek taşımaktadırlar.



Besin kaynağına ulaştıklarında, bir parça alırlar ve geri dönerek aynı istikamette yuvalarına doğru ilerlerler. Yol boyunca, daha fazla feromon salınımı yaparak bıraktıkları izi güçlendirirler.

Şu ana kadar karıncaların nasıl yiyecek bulduklarını açıkladık; fakat yiyeceğe giden en kısa yolu nasıl keşfediyorlar? Bir detay bu soruya cevap vermemize yardımcı olacaktır. Karıncalar feromonu en yüksek olan yoldan gitmeyi tercih ediyorlar. Daha kısa yollarda yolculuk yapan karıncalar, yuva-besin kaynağı arasındaki yolculuklarını daha kısa sürede (daha sık) tamamladıklarından bıraktıkları feromon miktarı da daha yüksek oluyor. Örneğin X karınca 10 metrelik ve Y karınca da 20 metrelik bir yolu sürekli olarak takip ederek yiyecek taşıyorsa; X karınca Y'nin iki katı tur yapmış olur. Bu sebeple, takip ettiği yol boyunca X karınca Y'nin iki katı kadar feromon bırakacaktır. Seçenek sunulduğu takdirde karıncalar, her zaman feromon yönünden güçsüz 20 metrelik yol yerine 10 metrelik; daha kuvvetli feromonlu izi takip etmeyi tercih edeceklerdir.

Aşağıdaki resim bu durumu gösteriyor. B adlı karınca yiyeceği yuvaya bıraktıktan sonra yeni bir yolculuğa çıkar. Bu sefer daha güçlü kokusu olan yolu fark eder ve kendi yolunu bırakır. Bu durumda tüm karıncalar A kodlu karıncanın keşfettiği yiyeceğe giden yolu kullanmaya başlar.



Zamanla yuva ile yiyecek arasında birçok yeni yol keşfedilir. Buna rağmen en kısa olan yol, diğer yollara göre daha çok feromonlandığından kısa sürede en popüler yol haline gelir ve tüm karıncalar en kısa yol üzerinde yürümeye başlarlar.

Basit Kurallar:

Karıncaların yol bulma yaklaşımı insanların doğada yol bulmalarından oldukça farklıdır. Bizler, doğayı görsel ve bir bütün olarak gözden geçirir ve yola çıkmadan en iyi yolu “planlarız”. Tabii, karınca yaklaşımının bizim “ileri düzey” metodumuza kıyasla avantajları da vardır. Örneğin; karınca metodu zifiri karanlıkta da işler.

Görme yetisi olmadan yol bulmaya gelince, insanlar tamamen çaresizdirler.

Karınca metodu, koloninin her bir üyesi tarafından takip edilecek basit kurallar olarak tanımlanabilir.

Durum:	Aksiyon:
Yiyecek taşıyor Feromonlu yolda değil	Gelişigüzel yürü Feromon yay
Yiyecek taşıyor Feromonlu yolda	Feromonlu yolu izle Daha fazla feromon yay
Yuvaya yiyeceksiz ulaşılmış Feromonlu yolda	Geri dön Geldiğin yönün tersine bir yol izle
Yiyeceğe ulaşılmış	Yiyeceği al Geri dön Geldiğin yolu izle
Yiyecek taşıyor	Yolu izle Daha fazla feromon yay
Yuvaya yiyecek ulaş	Yiyeceği depola Geri dön Geldiğin yolu izle

Karıncalar Hakkında Daha Çok Bilgi

MUTE'un karıncalardan esinlenen mesaj gönderme şemasını tanımlamada derinleşmek için, doğadaki karınca davranışlarını geride bırakıp devam edeceğiz. Bununla beraber, karıncaların doğası ve davranışları hakkında pek çok bilgiye, aşağıdakiler gibi sanal ortamlardan ulaşılabilmektedir.

- [Optimal Behavior of Ants](#) (Karıncanın Davranış Biçimleri)
- [Pheromone Biology](#) (Feromon Biyolojisi)
- <http://www.antnest.co.uk>
- <http://www.antcam.com>

Doğayı Basite İndirmek

Yukarıdaki tabloda bulunan “Basit Kurallar”ı anlamak nispeten kolay olmakla beraber, yine de sanıldığı kadar basit olmayan, aralarında verimli olmayan ihtimalleri de bulunduran, 7 kural içermektedir. Örneğin eli boş bir karınca, bulunduğu feromon yolu yanlış yönde takip etmekle yuvaya kadar olan yolu yiyeceksiz gidebilir. Bu durum, yukarıda 4. resimde C kod adlı karıncanın başına gelen olaydır. Yuvaya yiyeceksiz bir şekilde ulaştıktan sonra geri dönüp, bu sefer yiyecek gelse de; boş yere yol gitmiştir. Buradaki sorun, izin yönünü tayin etmedeki yanılığın kaynaklanmaktadır. Doğal olarak kimyasal koku salgılayarak “yön levhası” koymak oldukça zordur.

Ağ oluşturma programları dünyasında, bizler yönergesiz iz göstergeleri ile sınırlı değiliz. Yollara yönergeler ekleyerek, daha basit kurallar dizini oluşturabiliyoruz. Karıncaları, yön duygusu verecek ikinci bir tür feromonla donatabilseydik: ilk feromon “yuva yönü” göstergeli yani “yuva bulduran feromon”; ikinci feromon ise besin kaynağına ulaştıran, “yiyecek bulduran” feromon olurdu.

Öyle bir durumda karıncalar yuvalarından yiyecek bulmak için ayrıldıklarında, rastgele yürürler ve yürüdükleri yol boyunca birinci feromon salımı yapacaklardır. Bir karınca besin kaynağına ulaştığında, bir parça alıp ve yuvaya dönerken ikinci feromon izini bırakacaktır. Rastgele yürüyen bir karınca bu besin bulma izi ile karşılaşarsa, yuva bulduran feromonu takip etmekten vazgeçerek bu yolu takip etmeye başlayacak ve daha fazla yuva bulma feromonu bırakarak ilerleyecektir.

Bu basit değişiklik -1 yerine 2 çeşit feromon-, kurallar dizinimizi daha basite indirir.

Koşul:	Yolculuk:	İzini bırak:
Yiyecek taşıyor	Yiyeceğe giden yönde veya gelişigüzel	Yuva bulduran feromon
Yiyecek taşıyor	Yuva yönünde	Yiyecek bulduran feromon

Ağaç Gövdelerindeki Oklar

Bu mekanizma insanların ormanda yön bulmak için ağaç gövdelerine ok çizmelerine benzer. Örneğin, mavi oklar “göle gider”; sarı oklar “kulübeye gider” demek olabilir. Gölü bulmak için kulübenizden ayrılıp yürüdükçe sarı oklar çizerseniz, gölden dönüş yolunuzda da sarı okları

takip ederek kulübeye doğru ilerlerken mavi oklar çizersiniz. Buradaki anahtar nokta; gitmek istediğiniz yere nasıl gidileceğini bilmeseniz de; *geldiğiniz yere nasıl dönüleceğini her zaman bilmenizdir*. Önceden boyanmış bir ağaç gövdesine rastladığınızda, sizin okunuzun tam tersi yönünü gösterse dahi, kendinizinkini çizersiniz.

Kulübe ile göl arasında birçok insan bu metodu kullanarak gidip geldikten sonra, ormanda ağaç gövdelerinde farklı, hatta birbirinin tersi yönü gösteren birçok ok çizilmiş olacaktır. Kulübeye giden yolda ilerlerken, on tane sarı ok çizili bir ağaç gövdesi görürseniz nasıl yorumlarsınız? Birçok ihtimaller arasından basit olanı; yani aynı yönü gösteren okların sayısı dikkate alınır. “Daha kısa olan yollara çıkıyor olmalı” diye düşünüp onları takip edersiniz (karıncaları hatırlayın; kısa yolları izleyerek hedefe ulaşmak daha çabuk; dolayısıyla daha çok trafik vardır).

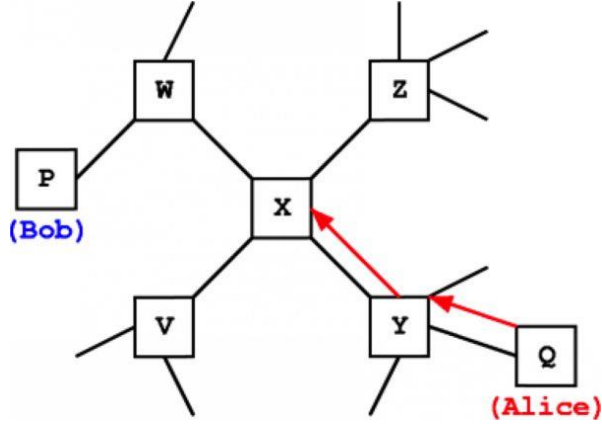
(Bu yol bulma tekniği bir örnek olarak verilmiştir. Lütfen ormanda ağaç gövdelerine oklarla boyamayın.)

MUTE Mesajları Nasıl Yönlendirir?

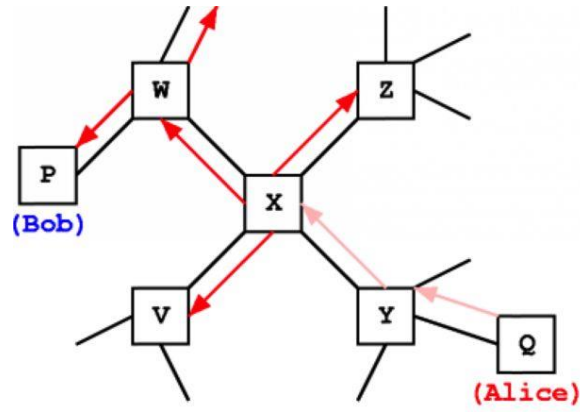
Bir bilgisayar ağında yiyecek arayan karıncalar ya da kulübe ile göl arasında gidip gelen kampçılar yoktur. Bunun yerine sender (gönderen)’den recipient (alıcı)’ya ulaşması gereken mesajlar vardır. MUTE kullanıcılarının kimliği belirsiz olduğu için hiçbir node (düğüm-dağıtıcı merkez) belli bir alıcıyı nerede bulacağını bilemez (Daha somut açıklamak gerekirse alıcının hangi bilgisayarı kullandığını bilemez). Tıpkı karıncalar gibi çevrenin bütünü bilmemektedir. MUTE mesajları-iletileri sadece local-yerel ipuçları kullanılarak ağ-network içerisinde yönlendirilebilir.

Her bir MUTE düğümü kendi ağında bulunan “komşuları” ile sürekli bağlantı içerisinde. Komşularla olan bu bağlantılar mesajları iletmede kullanılır.

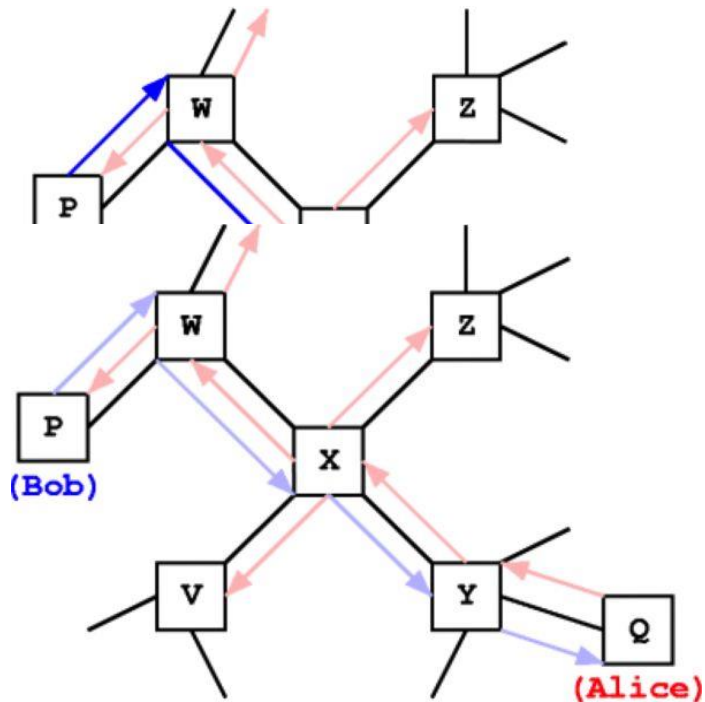
Varsayalım ki, X adlı MUTE node’u (düğümü), komşularından biri olan Y adlı node (düğüm) üzerinden *Alice*’ten *Bob*’a giden bir mesaj aldı. X node’u *Bob*’un ağ’ın-network’un neresinde olduğuna dair hiçbir bilgisi olmayabilir. Ancak, bu iletiyi alır almaz X adlı node-düğüm, *Alice* hakkında bir şey öğrenir; *Alice*’in mesajları Y düğümü üzerinden gelmektedir. Gelecekte, X düğümü **Alice’e gelen** bir mesaj alırsa, öğrendiği ipucunu kullanarak bunu Y düğümü üzerinden yapar.



X adlı node, *Alice* hakkında ne öğrenmiş olursa olsun; *Bob* ile ilgili hâlâ bir bilgi sahibi değildir. Burada kullanılacak en iyi strateji, karıncalardan esinlenerek, “karıncaları tüm yönlere göndermektir”. Yani mesajın bir kopyasını *X*’in komşularının her birine göndermektir (buna mesajın yayınlanması diyeceğiz). Komşulardan birinin *Bob*’un hangi yönde olduğuna dair daha fazla bilgisi olabilir. Ağ’daki düğümlerin hiçbirinin *Bob*’un nerede olduğuna dair bilgisi yoksa, hepsi o mesajı kendi komşularına yayınlayacaktır. *Bob* network’ta-ağ’da varsa, bu teknikle sonunda bulunacaktır.



Dikkat ederseniz, *Bob*’u ararken mesaj, *Alice*’in yeri hakkında ipucu izleri bırakmaktadır. Eğer mesaj *Bob*’a ulaşırsa ve *Bob* bir cevap verirse, mesaj oluşan bu ipuçlarını izleyerek en kısa yoldan *Alice*’e ulaşabilecektir.



Mesaj *Alice*'e giderken yine bir iz bırakır. Bu iz gelecekte *Alice*'ten *Bob*'a gönderilecek mesajları yönlendirmek için kullanılacaktır. Diğer node'lar-düğümmler de bu ipuçlarından faydalanabilir. Örneğin; *X* adlı düğümün sahibi *Bob*'a bir mesaj yollarsa, bu mesaj mevcut ipuçlarını kullanarak kısa yoldan *Bob*'a ulaşacaktır.

Eğer bu örnek şemaları incelersek, MUTE'un yönlendirme mekanizmasının ormanda çizilen oklara çok benzediğini görebiliriz. Her bir node-düğüm bir ağaca benzetilebilir. Komşular arasındaki her bir bağlantı ise, ağaçlar arasındaki patika yol gibi düşünülebilir. Her bir node üzerinde tıpkı ağaç gövdelerindeki gibi bir sürü ok vardır ve her bir ok "*Bob*'a ulaşmak için bu yolu kullan" gibi bir şey söylemektedir. Bu diyagramlarda mavi okları izleyerek *Bob*'a ulaşabiliriz.

Her mesajın ağ içinde gezinirken bir "koku" bıraktığını da düşünebiliriz. *Alice*'den gelen mesajlar *Alice*'in kokusunu bırakır ve *Alice*'e mesaj gönderirken bu kokuyu takip edebiliriz. Bu şemalardaki koyu renkli oklar mesajları gösterir, soluk renkli oklar ise mesajların bıraktığı koku olarak düşünülebilir.

MUTE'un karıncalardan esinlenmiş yönlendirmesi hakkında fazla bilgi için [MUTE Technical Details](#) sayfasını ziyaret edin.

Yönlendirme İpuçları ve Gizlilik

Mesaj gönderirken gönderici ve alıcı arasındaki gizlilik ilkesi dikkate alındığında, "*Alice* hakkında ipuçları" söylemi kulağa korkutucu gelebilir.

Ancak bütün bu ipuçlarının yerel olduğu ve kimsenin network içerisinde *Alice*'in yerini tam gösterecek derecede bilgilenmediği unutulmamalı. Bir düğümün yönlendirme ipucu kısaca, "Benim komşum *Alice* hakkında benden daha çok şey biliyor." demekten ibarettir.

Tabii ki hiçbir Node-düğüm, *Alice* hakkında tam olarak ne bildiğini kavrayamaz; "Komşum benden daha çok şey biliyor" bilgisi sadece node'lara biraz daha bilgi verir. Örnek vermek gerekirse, *Bob* ile *Alice* arasında yer alan hiçbir Node, "Benim komşum *Alice*!" diyecek kadar bilgiye sahip olamaz.

Kaynak: <http://mute-net.sourceforge.net/howAnts.shtml>

Çeviri: Anonim