



Mikroişlemci devri artık daha da küçük düşünüyor: birbirleriyle iletişim kurabilen ve dünya üzerinde varolan her şeyin içinde yerini alacak minyatür algılayıcı çipler!

INTEL'İN "MINİK" UMUDU

Pentagon'un araştırma ve geliştirme kolu olan DARPA'da (Defence Advanced Research Projects Agency - Savunma Bakanlığı İleri Savunma Araştırma Projeleri Ajansı) bölüm başkanı olan David Tennenhouse, 1990'lı yılların sonunu uzun dönemli yüzlerce askeri programın bütçesini onaylayarak ya da reddederek geçirdi. Bunlardan biri, Berkeley'deki California Üniversitesi'nin bir araştırma ekibince hazırlanan ve kendi kendini yönetebilen ağlar biçiminde örgütlenebilecek kadar zeki, minik kablolu algılayıcılar. "Akıllı tozlar" olarak nitelendirilen bu algılayıcılar, bölgeden geçen bir helikopterden atıldıklarında, düşman hareketlerini ya da gizlenmiş bir zehirli gaz deposunu ortaya çıkarabileceklerdi. Tennenhouse, yüzbinlerce dolar ayırmasına yetecek kadar ilgisini çeken bu projeyi onayladıktan sonra, sırada bekleyen bir sonraki tuhaf öneriye geçti.

Tennenhouse 1999'da, yarıiletken devri Intel'in sıradışı araştırma ve geliştirme girişimi "Intel Araştırma"yı kurmak amacıyla DARPA'dan ayrıldı. Intel, yeni geliştirilecek teknolojileri incelemekle meşgul olduğundan, bu yıllarda akıllı tozlar pek de aklına gelmedi.

Bu durum, 2000 yılının Ağustos'unda Tennenhouse'ın bir öğrenci tarafından tasarlanan minyatür algılayıcıları incelemek için Berkeley'e davet edilmesine kadar sürdü. Tasarım,

bir minik algılayıcılar topluluğu ve bunların birbirleriyle iletişimini sağlayacak bir radyo anteninden oluşan minyatür bir dizgeden oluşuyordu. Önüne konan devreyi incelerken, girişimci-araştırmacının zihninde bir şimşek çaktı. Sözü edilen minik algılayıcılar bir ilaç şişesinin kapağına sığacak kadar küçültülebilirlerse, her yere kolaylıkla girebilmeleri sağlanabilirdi. Tennenhouse, bu tür bir teknolojinin, işlemci üretmekle meşgul şirketini paraya boğabileceğini düşündü. Pentium'larla, yüksek güçlü çip sahnesinin tümünü yöneten Intel, bu minik algılayıcılarla da yüksek hacimli algılayıcı pazarını ele geçirebilirdi.

Tennenhouse, milyonları bu kez de minik algılayıcı araştırmaları için savurmaya başladı. California Üniversitesi'nde (Berkeley) bir Intel binası kurdu ve buradaki araştırmacılarına, hayal güçlerini yeni tasarım ve uygulamalar geliştirmek için kullanmalarını söyledi. Dönüm noktası niteliğindeki bu Doğu Körfezi gezisinden üç yıl sonra, yani şimdi, Intel'in minik algılayıcılar için yaptığı yatırım, yeni Centrino kablolu iletişim çipleri ya da Flash bellek üniteleri için yaptığıyla karşılaştırıldığında önemsiz kalıyor. Berkeley'deki laboratuvarın yıllık toplam bütçesi yaklaşık 5 milyon dolar. Ancak, projenin yalnızca farklı olmakla kalmayıp, 'dönüştürücü' güçte olduğundan da emin olmak is-

teyen Intel'in, bankada her durumda bir 15 milyar doları var. Intel'den Craig Barrett, minik algılayıcıların gelişkin bir bilgisayar oyunu olmadığını ve şirketin, temel gelir alanlarının dışında da gelişme alanları peşinde olduğunu belirtiyor.

Intel bu projeden iki aşamalı bir kazanç elde etmeyi umuyor. Algılayıcı ağlarının kullanılmaya başlaması, daha fazla silikon gereksinimi yaratacak. Ayrıca bu ağların oluşturduğu çok büyük miktarlardaki verinin işlenebilmesi için, gelişkin tasarımlı kişisel bilgisayarlara olan talep de büyük miktarda artacak. Veri biriktirilmesinin gerekli olduğu her yere yerleştirilmiş, birbirlerine ve merkezi sunuculara gerçek zamanlı veri akışı sağlayan binlerce minik algılayıcı cihazdan oluşan ağlar öngören Intel, bir montaj fabrikası, soya tarlası ya da huzurevi gibi, gezegen üzerinde aklınıza gelebilecek her yerin bu minyatür cihazlarla donatılmış olduğu günün hayalini kuruyor. O gün geldiğinde, bu minik algılayıcılar fabrikadaki ustabaşını bozuk makineleri değiştirmeye, çiftçileri sulu alanlara ve hemşireleri bir hastane odasındaki olağandışı durumu kontrol etmeye yönlendiriyor olabilecek. Belki de Intel, daha da "küçük" düşünmekle çok "büyük" bir yere oturacak. Muhtemelen bir San Fransisco Körfezi manzarasına sahip olan Berkeley Laboratuvarı'nın yöneticisi Joe Hellerstein,

arkasına yaslanarak ünlü Golden Gate Köprüsü'ne bakıyor ve çok yakında köprünün üzerine deneysel amaçlı bir ağ yerleştirileceğini gururla anlatıyor. Hellerstein köprünün şiddetli rüzgarda bir-iki metre sallandığını, çıplak gözle bakıldığında bunun çok zor farkedildiğini, ancak yerleştirilecek algılayıcıların köprünün bu sallantılar sonucunda her iki yana da ne kadar hareket ettiğini ölçebileceğini belirtiyor.

Golden Gate projesi, halen devam etmekte olan diğer birçok denemeyle birleşecek. Berkeley'deki araştırmacılar Sanoma kasabasında, "sekoya" olarak da adlandırılan dev kızıl servi ağaçlarından oluşan koruluklara, bu devasa ağaçların çevresindeki sıcaklığı ve nem oranını ölçen 80 adet minyatür algılayıcı yerleştirdiler. Tarımsal bir proje kapsamında, British Columbia'daki bir üzüm bağına, sabahın erken saatlerinde bir kıracağı belirtisi olduğunda yöneticinin dizüstü bilgisayarına haber gönderecek 65 adet minyatür algılayıcı yerleştirildi.

Sağlık araştırma ekibi, Intel'in Hillsboro, Oregon yerleşkesinde, Alzheimer hastalarına nasıl çay demleyeceklerini ya da ilaçlarını alma zamanının geldiğini hatırlatacak kablosuz algılayıcılar kullanan, geleceğin evlerinin prototipini oluşturdu.

Yaklaşık 100 cihaz da, Maine sahilinde yumurtlayan ve ender rastlanır denizkuşları olan çatal kuyruklu fırtına kırlangıçlarının yuvalarının izlenmesine yardım ediyor.

Tüm bu kuşlarla böceklerle Intel'in ne ilgisi var diyorsanız, ünlü bir beyaz eşya üreticisinin finanse ettiği ucuz prefabrik evler konulu araştırmayı örnek verelim. Üretici firmanın yöneticisi, "Daha fazla evsahibi, daha çok bulaşık makinası anlamına geliyor" demişti. Intel'in tutumu da oldukça benzer. Intel yöneticilerinden Patrick Gelsinger düşüncelerini, "Maine'deki ördekler umurumda mı? Kesinlikle hayır" diyerek açıklıyor. Bu ağların önemini gösterebilmelerini ve bunları gezegen üzerindeki her yere yerleştirebilmelerini sağlayacak uygulamaların peşinde olduklarını belirten Gelsinger, gerçekten ilgilendiği tek şeyin, bu küçük cihazlar için biraz silikon satmak olduğunu açıkça belirtiyor.

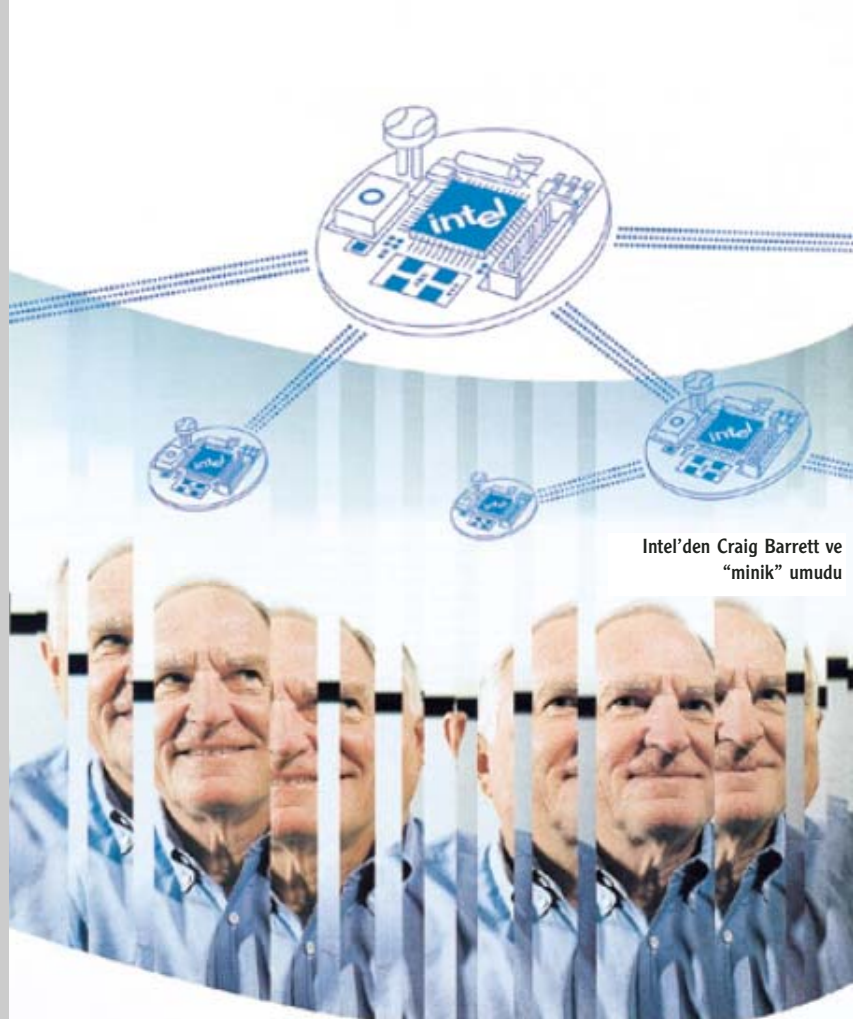
Sıradaki bir diğer başlıkta, güç sorunu. Algılayıcı cihazları basit düzeyde bir işletim sistemi olan TinyOS tarafından denetleniyor. TinyOS diğer işletim sistemleriyle karşılaştırıldığında görece daha az bellek gereksinimi duyuyorsa da, minyatür algılayıcı cihazları, pillerini çok kısa sürede tüketiyorlar. Aslında algılayıcılar pilleri daha uzun süre kullanabiliyor olsalardı bile, algılayıcılarla dolu bir gelecekte alkalın AA pillere zaten yer olmayacaktı. Çözüm olarak, güneş pilleri ya da çevresinde farkedilemez bazı titreşimler oluşturan MEMS cihazlarının sözü ediliyorsa da, henüz hazırda bekleyen bir çözüm yok.

Tüm bunların üstünde kalan temel sorunsal, düzenli müdahaleye gerek kalmaksızın kendi kendilerine çalışma yetisine sahip minik algılayıcılar üretmek. Intel'in üzüm bağlarındaki algılayıcı deneme çalışmalarını yöneten Richard Beckwith, yerli bir çiftçinin bile kolaylıkla yerleştirebileceği cihazları garanti etmenin çok güç ol-

duğunu ve bunun gerçekleşeceğinden emin olsa da, yolunu henüz bilmediğini belirtiyor.

Biraz şaka yollu da olsa, kendini gezegen üzerindeki en büyük tek hücreli organizma olarak tanımlayan Intel, masaüstü işlemcisi pazarında kazanmış olduğu bu başarılarla karşın, bir durgunluk dönemine girmek üzere olduğunun farkında. Milyarlarca dolar harcayarak kullanıcıların geniş bir kesiminin alamayacağı kadar pahalı çipler üretecek yeni bir fabrika inşa etmek anlamsız. Dolayısıyla, yeni endüstrilere gereksinim duyan şirket için, algılayıcılar çok mantıklı bir başlangıç adımı olarak beliriyor. Intel şimdiye kadar algılayıcı ağlarına ne kadar para harcadığını henüz açıklamadıysa da, miktarın 50 milyon dolardan düşük olduğu kesin.

Değişik bir oyun alanı yaratma potansiyelindeki algılayıcılarla ilgili iyi haberlerden biriyse, diğer şirketlerin geliştirmekte olan bu yeni teknolojiye çok az ilgi duymaları ve dolayısıyla



Intel'den Craig Barrett ve "minik" umdu

bir rekabetin bulunmayışı. Ancak algılayıcı ağları, kesinlikle çok daha etkili sunumlar sergileme yolunda hızlı adımlarla ilerlemekte. 2002 yılı başlarında gerçekleştirilen bir toplantı sırasında Gelsinger, üzerine algılayıcılar yerleştirilmiş deniz topları yığınının salonun ortasına salıvererek izleyicileri hayrete düşürdü. Çevrede zıplayan toplar, zıpladıkça sürekli değişen koordinatlarını bir merkez istasyonuna gönderiyor, her topun hareketi burada görüntüye dönüştürülüyordu. Gelsinger'in açıklamasına göre bu gösteri, algılayıcı ağlarının kendi kendilerine uyarılma yapabildiklerinin basit bir kanıtıydı.

Minyatür algılayıcıların şimdilerde yalnızca bir golf topu kadar küçülmüş olması, şirketin, algılayıcıların aşırı küçük (bir başka deyişle aşırı

ucuz) olmasını gerektirmeyen kısa dönemli kullanım alanları üzerinde çalıştığını gösteriyor. Bu örneklerden biri, makine titreşimini ölçmek amacıyla tasarlanmış 200 dolarlık minik algılayıcılarla donatılmış bir montaj fabrikası. Fabrikadaki robot kollarından herhangi biri, diğerleriyle eşzamanlı hareket etmiyor gibi olduğunda, algılayıcılar fabrika denetçisinin dizüstü bilgisayarına, "27 numaralı makine 30 gün içinde işlemez hale gelebilir" şeklinde bir uyarı mesajı gönderecek.

Öte yandan Gelsinger, montaj fabrikasına yerleştirilecek türden minyatür algılayıcıların, Intel'in öncülük şöhretine ancak çok küçük bir katkıda bulunabileceğinin de farkında. Büyük ölçüde Gelsinger'in çabaları ve coşkusunun bir sonucu olarak ortaya

çıkan heyecan, gitgide küçülerek nokta boyutlarına gelmiş algılayıcılar, yani akıllı tozlar üzerinde yoğunlaşmış durumda. İlk hedef, boyutları ve fiyatı her 18 ayda bir yarıya indirerek, 2011 yılında pirinç tanesi büyüklüğünde ve yaklaşık 5 dolara satılan minik algılayıcı cihazları üretmek. Bu hedefe ulaşmak, şirketin, kendi kendini düzenleyen donanımları mısır taneleri gibi yayacağı yolun önünü açabilir. Intel Inside Yara Bantları'nı üretecekleri devasa fabrikaların inşa edileceği günü hayal ettiğini belirten Gelsinger, gelecek umutlarını şöyle bir örnekle açıklıyor: "Bir yara bandının bugün bir cent olduğunu düşünün. Gelecekte, aynı zamanda etkileşimli kalp izleyicisi özelliği barındıran 5 centlik yara bantları satacaklar. Etrafınızda gördüğünüz herşeyin,

Kablosuz Algılayıcı Denemeleri

Kablosuz algılayıcı ağlarla yapılan denemelerin en kapsamlılarından biri, Great Duck'da, normalde gözlenmeleri çok güç olan çatal kuyruklu fırtına kırlangıçları üzerinde yürütülmekte olan çalışma. Bu kuşların yuvalarının düzensiz ve yalıtılmış olması, bölgeyi bu tür bir sistem için en uygun test ortamlarından bir haline getiriyor. Ekip, şimdye kadar yaptığı çalışmalarla, herbiri küçücük birer kadeh büyüklüğünde olan 190 adet cihazın bazılarını martıların yuvalarına, bazılarınıysa yuvalarının hemen girişine yerleştirme sürecini tamamlamış durumda. Bu araçlar hava basıncını, nem oranını, güneş ışınlarını ve sıcaklığı gözleyen çok küçük algılayıcılar barındırıyor. Amaç, fırtına kırlangıçlarıyla ilgili çeşitli bilgileri edinebilmek. Örneğin, araştırmacılar bir yuvanın içindeki sıcaklık verilerini izleyerek, yuvanın içinde o an bir kırlangıç olup olmadığını belirleyebiliyorlar. Bu tür çalışmalarla, eninde sonunda algılayıcı ağlarının bu gizemli deniz kuşlarının sırlarını aydınlatması bekleniyor. Hatta araştırmacılarından biyolog Anderson'a göre, her şey yolunda giderse, bu yeni teknoloji biyolojiyi sonsuza kadar değiştirecek ve biyoloji alanında mikroskopun yarattığı türden bir devrim yaratacak.

Herhangi bir algılayıcıyı ele alın; sözgelimi, arabanızın koltuğuna yerleştirdiğinizde, sizin koltukta oturuyor olduğunuzu ve bu nedenle emniyet kemerinizin bağlı ve hava yastığınızın hazır durumda olması gerektiğini anlayabilen bir algılayıcıyı. Bu algılayıcı, arabayı her kullandığınızda aynı işlevi aynı şekilde yerine getirir. Arabadaki diğer elektrikli cihazlarla birlikte, düzenli olarak şarj edilen bir pille güç sağlandığında, bu algılayıcının bilgileri toplayıp bir-iki metreden fazla olmayan uzaklıklara yayabilmesi, oldukça kolay bir iş. Ancak, bir algılayıcının hareketli olması, bilgiyi büyük uzaklıklara iletmesi ve birçok işi birarada

yapması gerektiğinde, üstelik bir de yakınlarında güç kaynağı yoksa ve tamir etmek için kolayca ulaşılabilir bir yerde değilse, durum oldukça güçleşiyor. Bu özelliklerden birinin gerçekleştirilebilmesi için bile çok ciddi teknik sorunların çözülebilmemesi gerekiyor. Neyse ki algılayıcı ağları konusunda çalışan araştırmacılar, son yıllarda bu sıkıntıların çoğunun üstesinden gelmeyi başarmış.

Bu engellerden en temel ikisinin üstesinden gelmenin eşliğinde olan Intel araştırma ve geliştirme ekibi, kablosuz algılayıcı ağlarına giden yolları açmakta. Temel sorunlardan birincisi, iletişim.

Kolaylıkla ulaşılamayacak ve dağınık biçimde yerleştirilen çevresel algılayıcılar, az sayıdaki radyo yayın kaynaklarını ortaklaşa toplayacak ve ağı insan müdahalesine gerek kalmaksızın sürdüreceği biçimde çalışmak zorundalar. Bu durumun üstesinden gelmek için uygulanması gereken çözümler, mesajları bulabilecek ve ardından komşularına iletebilecek kapasitede olan küçük cihazlar aracılığıyla kurulacak, kendi kendini organize eden çok-sıçramalı bir ağ yapısı.

Paylaşım sistemi, cihazın küçük bilgisayarına tek tek programlanan kurallar yoluyla düzenleni-



içinde algılayıcılar barındırdığı bir maliyet noktasına ulaşacağız.

E-posta kutunuzdan ya da cep telefonunuzdan sürekli gelen “bip” sesleri nedeniyle zaten şaşkın halde olduğunuz için çevrenizdeki her yere silikonu yayma yolundaki umutlar size dehşet verici geliyorsa, boşuna endişelenmeyin. Çünkü Tennenhouse’ın planladığı şekilde yayılacak ağlar, insanlardan hiçbir giriş yapmalarını beklemiyor olacak. Yeni nesil ağlarla hiçbir etkileşime girmeksizin, onların nimetlerinden yararlanıyor olacağız ve Intel çok eskiden bu yana büyümesinin önünde duran bir engeli bertaraf etmiş olacak: insan beyninin zayıflığı. Algılayıcı ağlarının insanlığı kendi dışındaki dünyayla ilgili bilgi edinme sorumluluğundan kurtaracağını belirten Tennen-



use’a göre insanlık, gereksinimlerini sezinleyen ve bazen onun adına harekete geçen bu tür bilgisayarlar gereksinim duyuyor. Algılayıcı ağları insanları bilgisayar etkileşimi yükünden kurtarmayı başardıktan sonra, Intel’in piyasaya sürebileceği silikonun miktarı sınırsız olacak. Gelsinger kişi başına 10 değil, binlerce bilgisayar hedeflediklerini belirtiyor.

Bu yaklaşım Santa Clara, California’daki bildik iş dünyasında ciddi bir dönüşümü temsil ediyor. Genel strateji en basit şekliyle şöyle açıklanabilir: Çiplerinizin hızını her 18 ayda bir iki katına çıkartmayı sürdürürseniz, her şey yolunda gidecektir. Öte yandan, hızla pek işi olmayan algılayıcı oyununun asıl meselesi “boyut”. Her bir minyatür algılayıcının içine yerleştirilecek silikon, en sonunda sudan ucuz hale gelebilir. Ve bu çipler, badana boyasının içine gömülmesini ya da bir kot pantolonun üzerine dikilmelerini olanaklı kılacak kadar küçülebilirlerse, Intel bunlardan milyarlarcasını satabilecek.

Koerner B.I.,
“Intel’s Tiny Hope for the Future”,
WIRED, Aralık 2003

Özet çeviri: Ayşenur T. Akman

yor. Tıpkı bir futbol takımının oyuncularını gibi, bu cihazlar kendi başlarına bireysel görevleri yerine getiriyor olsalar da, diğer oyuncuların yardımına da gereksinim duyuyorlar. Örneğin, her cihaz verilen bir aralıkta termometresinden bilgiyi kaydetmek ve yayınlamakla görevlendirilebilir. Eğer belli bir cihaz geçit cihazından çok uzaktaysa, verisini üzerinden en iyi geçireceği mesajcının yerini belirler. Uzaktaki cihaz, bunu ağdaki arkadaşlarının konumunu ve sağlığını kontrol ederek yapar. Daha sonra, cihaz seçeneklerini gözden geçirir. Eğer komşularından biri son mesajın sorunu cihaza dört sıçramada ulaştığını, bir diğeryse son mesajın yalnızca iki sıçramada ulaştığını yayınlarsa, uzaktaki raporcu, ikincisini seçer.

İkinci ve geriye kalanların tümünün temelini oluşturan sorun, yakıt sorunu. Örneğin, aşırı derecede sık bir ormandaki ağaçların tepesine yerleştirilmiş binlerce cihazın pillerin sıklıkla değiştirilmesi, çok zor bir iş. Her bir gövdeye ulaşacak birer uzatma kablosu bile, yeterli bir çözüm değil. Yapılması gereken, gereksinim olduğu sürece bitmeyecek verimlilikteki küçük pilleri, gerekli yerlere akıllıca yerleştirmek.

Pilleri idareli kullanmanın birçok yolu var: hesaplamaların sayısını en düşük düzeyde tutmak, veri okuma sıklığını azaltmak, gönderilecek verinin miktarını sınırlamak, sıçramaları uzak mesafelerde kullanmak ve cihazların görev aralarında ‘uyumalarını’ sağlamak. Algılayıcı ağlarındaki cihazların zamanlarının yüzde 99’unu dinlenerek geçirmelerini sağlayan ‘uyku’, güç kazancı sağlamak için en iyi yöntem. Ancak bu yöntem de uyuyan bir cihazın bir gün içinde birçok kez belli bir programa göre nasıl uyandırılacağı gibi yeni bir sorunu doğuruyor. Bu sorunun çözümü için bir yol, uyku düzeneğini yeni verileri rapor etme zamanı geldiğinde dürtecek küresel bir çalar saati sistemin içine dahil etmek. Ama tüm cihazların aynı anda rapor vermeye kalkışmaları, sistem içindeki iletimin tıkanmasına neden olabilir. Ayırı-



ca bazılarının, kendi günlük işlerini yapmak için değil de, genel iletme yardımcı olmak için uyarılmaları gerekecek. Tüm bu kesişmeleri birarada programlamak, oldukça karmaşık bir süreç.

Intel laboratuvarında araştırmacılar, evrensel saat fikrinin üstesinden gelmişler. Cihazlar neredeyse tüm süre boyunca uyuyor; ancak milisaniye düzeyindeki aralıklarla. Böylece, komşu cihazlar, uyarı için sürekli hazır durumda bekleyebilirler. Dinleyicilerin önemli bir mesaj sırasında uyumayacaklarından emin olmak için, sistem her bir mesaja kısa şekerlemelerden daha uzun baş-

langıçlar ekliyor. Böylece bir cihaz uyandırdığında, başlangıç bölümü halen aktarılmakta oluyor ve dinleyiciye, gelmekte olan bir mesaj için hazır durumda olması sinyali veriyor.

Cihazları bir kez uyandırdığımızda, kuşkusuz, onlardan çok fazla şey talep edemiyorsunuz. Her bir hesaplamanın, iletilen her bir bayt’ın güç anlamında bir maliyeti var. Araştırmacılar son derece basit bir açık kaynak kodlu işletim sistemi olan TinyOS’u yaratarak bu sınırlamaların üstesinden gelmişler. Bu kod, makinelerin radyo fonksiyonlarını düzenliyor ve algılayıcılardan alınan verileri idare ediyor. Örneğin basınç okumalarını analogdan dijitala dönüştürüyor, daha sonra onları saklıyor, sıkıştırıyor ya da yalnızca iletiyor. Cihazların, komşularının yerini belirlemesini sağlıyor, mesajları biraraya getiriyor ve rotaları belirliyor ve bunları en basit ve hafif mantık sistemiyle yapıyor. Tüm bir TinyOS mesajı için, standart bir e-postanın rota bilgilerinin kadar boş yer yeterli.

TinyOS, adanın üzerinde yedi farklı tür algılayıcıdan veri topluyor. Verilerden bazıları kırlangıç yuvalarının içine yerleştirilmiş cihazlardan yükleniyor. Cihazlardan bir kısmı 10 cm uzunluğundaki tel çubukların üzerinde duruyor ve yakınlarındaki koşulları kaydediyorlar. Beş dakikada bir, her bir cihaz, gözlemlerini geçiş cihazına gönderiyor. Geniş-alanlı bir antene sahip bu cihaz, çevresindeki çok sayıda güneş panelinden de enerji alabilme özelliğinde. Geçiş cihazı, aldığı verileri, görece güçlü ve yine güneş enerjisinden yararlanan yönlendirilebilir iki antene iletiyor. Veriler buradan, araştırma istasyonunda bulunan daha da büyük bir antene ulaşıyor. Binanın içindeki dizüstü bilgisayarlar veriyi, bu kez denize yönelmiş bir uydu çanağına gönderiyorlar. Bir ara 102, cihaz Great Duck’ın çayırlarından uzaya ve oradan da Berkeley’deki laboratuvara olmak üzere, bilgiyi 50.000 mil uzağa yaymaktaydı.

Algılayıcı ağı, eninde sonunda bu gizemli hayvanlara daha da yaklaşmamızı sağlayacak.