

İLETİŞİMDE BİLİM VE TEKNOLOJİNİN EVLİLİĞİ*

Ambros P. SPEISER
Çeviren: M. Serhat ÖZYAR

Bilimin irakiletişimdeki mühendislik gelişmelerine olan etkisi, teknoloji tarihindeki gerçekten büyüleyici durumlardan birini oluşturmaktadır. Gerçekte bilim ve teknolojinin irakiletişimdeki gibi tutarlı olarak birleştiği insan çabası ürünü yalnızca birkaç alan vardır. Maxwell'den Heinrich Hertz'e, oradanda Marconiye giden yol -bir başka deyişle kuramsal fizikten iş yaşamındaki başarılarla giden yol-bugünün standartlarıyla bile kısa sayılan 30 yıldan az bir zaman tutmuştur.

Bilimin geçmişte ve gelecekteki etkisine geçmeden önce, yakın geçmişteki bazı mühendislik ilerlemelerini irdelemek istiyorum. Ve şu soruyu yöneltiyorum: Geçtiğimiz çeyrek yüzyıl boyunca iletişimdeki en önemli üç basamak nelerdir? Yanıtı bulurken uzmanlar arasında hiçbir uyuşmazlık yoktur; bu üç basamak (i) uydu haberleşmesi, (ii) optik fiberler ve (iii) iletişim ve bilgisayar sistemlerinin tümleştirilmesidir.

Uydular ve Optik Fiberler

İrakiletişimin evrimindeki dikkate değer durumlardan birisi, kablolu ve kablosuz kanal arasında süregelen rekabettir. Bu alanlardan her biri, önde olduklarını öne sürmelerine yol açan önemli zaferler kazanmışlardır. İlk telgraf, taşıyıcı frekans ("carrier-frequency") telefon hattı ve denizaltı kablolar, kablolu kanalın zaferleriydi. Kablosuzlar tarafından ise, radyo yayıncılığı ve mikrodalga hatlar temel basamakları oluşturuyordu. Kablosuz kanalın en son zaferi ise uydu irakiletişimidir. Uzay teknolojisini, insanoğlunun teknolojiye ulaştığı en büyük aşama olarak nitelendirirken hiçbir abartma yapmadığımızdan emin olabiliriz. Dünün birçok rüyası bugün artık birer gerçeklerdir.

İnsanoğlu ayda yürüdü; Dünya gezegeni bir bütün olarak tek bir resimde fotoğraf yoluyla görüntülendi. Uzay teknolojisi çalışmalarına katılan ve katkıda bulunanlar bile, aradan geçen bunca yıldan sonra, ulaşılan sonuçlara bakarken hayretlerini ve beğenilerini gizlemiyorlar. İletişim uyduları bu gelişmenin bir parçasıydılar ve irakiletişimin çehresini kökten değiştirmişlerdir.

Listemdeki başlıklardan üçüncüsünü optik fiberler oluşturmaktadır. Bu aşama ise kablosuz kanalın çok büyük bir adım attığının göstergesidir. Sinyallerin iletiminde kullanılan bakır ilk kez bir ortam ile değiştirilmiştir. Bant genişliği gigabit bölgesine rahatlıkla ulaşabilmektedir ve deniz-dibi optik kablolar da ufukta açıkça gözükmemektedir.

Bilgisayarlar ve İletişim Sistemleri

Belki de şu anda yaşanan en derin değişiklik sayısal bilgisayarlar ve iletişim sistemlerinin tümleştirilmesidir. Sayısal bilgisayarlardan yalnızca sayısal devreleri kastetmiyorum -yeni olan bunlar değildir, bunlar zaten klasiklerdir. Telgraf doğal olarak sayısaldir; bir telefon santrali esas olarak sayısal devrelerden oluşur; vuru kod modülasyonu ("pulse-code modulation") da sayısaldir. Söylemeye çalıştığım "program depolanmış bilgisayardır. Bu tümleştirme iki yoldan başladı: Başlangıçta, bilgisayarlar kendi başlarına birer sistemdiler. Zaman ilerledikçe, birçok ayrı bilgisayarı birbirine bağlama gereksinimi doğdu ve bu bir iletişim kanalı aracılığıyla gerçekleştirildi. Bu sürecin karşısına bir örnek olarak, başlangıçta esas olarak insanlar arasındaki iletişim için kullanılan telefon sistemi verilebilir. Bilgisayar, kişisel şube santralinden

* Özgün Metin: "The Impact of Science", IEEE Communications Magazine, Vol. 22, No. 10 (Ç.N.: Yazı çok az oranda kısaltılarak Türkçeleştirilmiştir).

başlayarak derece derece anahtarlama ağının içine girdi. Bugün, Yerel Alan Ağları ("Local Area Networks"; LAN) gibi veri kanallarının ve bilgi işlemenin, bilgisayarların ve iletişimin ayrı kimliklerini silecek biçimde ayrılmaz olarak bağlayan sistemlere tanık oluyoruz. Bu süreç aynı zamanda, Tümüleşik Servis Sayısal Ağı'nın ("Integrated Service Digital Network") ortaya çıkmakta olduğunun bir göstergesidir.

Bilimsel Dayanak

Şimdi mühendislikten bilime dönelim ve şu soruları soralım: Kullandığımız iletişim sistemlerinin temeli nedir? Bugünün büyük ve çeşitlenmiş mühendislik yapısının ardında yatan köşetaşlarını nerelerde buluyoruz?

Bugünün sistemlerinin arkasında bilimin birçok alanı yatmaktadır, fakat açık biçimde göze çarpan dört disiplin vardır: elektrodinamik, iletişim kuramı, yarıiletkenler fiziği ve bilgisayar bilimi. Şimdi bunları teker teker ele alalım.

Elektrodinamik:

Elektrodinamiğin temelini Maxwell denklemleri oluşturmaktadır;

$$\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{D} + \mathbf{j}$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\mathbf{B}$$

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

Elektromanyetik alanın bütün büyük ve karmaşık özellikleri bu dört denklemden çıkarılabilir. Bu denklemler devrelerin davranışlarını olduğu kadar sinyallerin yayılımını da tanımlarlar. Güzellikleri basitliklerinde ve simetrik olmalarında yatar -böylece doğa yasalarının gerçekten basit olduğunun çok etkili bir örneğini oluştururlar.

Maxwell denklemleri doğrusaldır. Bundan ötürü, alan sınır koşullarının zorladığı frekanslar dışındakileri içermez. Gerçekte bu özellik bizim iletişim sistemlerimizin anahtarıdır. Onsuz bir elektrik iletişiminin en ilkel biçimlerin ötesine geçmesi mümkün olamayacaktı. Öte yandan doğrusallığın garanti edilmiş olmadığını da unutmayalım! Bilim adamları bile, yakın mesafe ve yüksek enerji gibi uç durumların olduğu koşullarda, Maxwell denklemlerinin -doğrusal olmayan- kuantum elektrodinamiğiyle değiştirilmesi gerektiğini söylüyorlar. Çok şükür iletişim mühendisleri bu koşulların uzağında durmayı becerebilirler -tabii ki sistemlerini bir nötron yıldızının yüzeyi ya da "kara delik'in yakını gibi insafsız yerlerde kurmak istemiyorlarsa!.

İletişim Kuramı:

İkinci köşe taşı, Claude Shannon tarafından formüle edilmiş olan, iletişim kuramıdır. Kuram, belirli bir miktar güce karşılık -doğru kod kullanıldığı durumda- sinyallerin önemli derecede hatasız iletebileceği bir kanal kapasitesinin varlığına işaret etmektedir. Mümkün olan en iyi mühendislikle neyin sınırlarına varılabileceği anlamına gelen bu formülasyon, termodinamiğin temel yasalarının makine mühendisliği için taşıdığı değer kadar önemlidir.

Shannon ayrıca, gerçekten çok temel bir kavram olan "bit" kavramını bilgi birimi olarak tanımlamış ve ortaya koymuştur. Shannon'un kuramının en çok doğrudan uygulandığı yer derin-boşluk ("deep-space") kanalıdır, çünkü bant genişliğinin özgürce seçilebildiği bir derin-boşluk sondasındaki ("probe") anten, n boyutları kadar güç de sınırlanmıştır.

Ne var ki Shannon'un kuramı matematikçilerin de söylediği gibi yapısal değildir ("nonconstructive")- Bir sinyali birleştirmek ("encoding") için bir sistemin var olduğunu kanıtlamakta fakat böyle bir kodlamanın nasıl tasarlanması gerektiğine ilişkin hiçbir ipucu vermemektedir. Birçok ileri sistem yapılmış olmasına karşın, kuramın vaat ettiklerini gerçekleştirecek bir şema henüz bulunmuş değildir, fakat bulunması da artık an meselesidir.

Yarıiletkenler Fiziği:

İletişimi taşıyan sütunlardan üçüncüsü yarıiletkenlerdir. Köklerini kuantum fiziğinde bulmakta ve bu konuda akla hemen Schrödinger ve Sommerfeld gibi isimler getirmektedir. Ancak bilim ve teknolojiyi bütünleştirmeye doğru en köklü adım transistörün -çağımızda başka hiçbir buluşun yapamadığı kadar günlük yaşantımızı değiştiren transistörün- bulunuşunu izleyen çalışmalardır. Transistör hem bir bilimsel ilke hem de bir mühendislik buluşudur. Gerek bilimlere gerekse teknolojik uygulamalar için aynı büyük öneme sahiptir. Yarıiletkenler fiziğini ve transistör teknolojisini, dünyada varolan yaratıcı bireylere borçlu olduğumuz doğrudur. Ancak doğanın da onlara ve bizlere karşı "sevgi dolu" olduğunu unutmayalım: Doğa, periyodik cetveldeki elementlerin arasına 14 numaralı silikonu koyarak, iletişim mühendisleri içinivle "mucize" sayılabilecek birçok uygulamanın gerçekleştirilmesine neden oldu. Silikon teknolojik kullanım için birçok güzel özelliğe sahiptir: bant aralığı tam yarıiletken cihazlar için gereken yerededir; erime noktası kristal büyümesi için uygun yerededir; oksitleri ideal yalıtıcıdır; mekanik ve elektriksel parametrelerin harika bileşimi olan kristallerin -"kuartz"ların- temelidirler; optik fiberlerin ve güneş pillerinin de kökenini oluştururlar.

Silikon gerçekte doğanın bir armağanıdır. Peki silikon kıtlanmış mıdır? Hayır! Yer kabuğunun neredeyse dörtte biri silikondur. Yani elektronik için büyümenin sınırı da yoktur...

Bilgisayar Bilimi:

Ve son olarak dördüncü köşetaşı, bilgisayar bilimi. Öncelikle bu bilimin kimliğini belirginleştirmek gereğine inanıyorum. Bilgisayar bilimi gerçekten kendi başına bir bilim midir? Yoksa matematiğin bir parçası ya da bir mühendislik disiplini midir? Bu konu üzerinde -kimi zaman gereğinden fazla hararetle- tartışmalar devam etmektedir. Bu sorular üzerinde anlaşmaya varmak, belki de bugün acil bir ihtiyaç değildir. Kişisel görüşüm, bilgisayar biliminin kendi başına bir bilim olduğu doğrudur. Bilgisayar biliminin başlangıçtaki kökleri matematiğin içinde bulunmasına karşın, bugün geline noktada kendi iç yapısını öyle uç noktalara kadar geliştirmiştir ki

artık kendi başına bir bili™ olarak kabul edilmelidir -bir anlamda, esas olarak fizikin yapısı üzerine kurulduğu halde ayrı bilim olan kimyaya durumuna benzeyen bir yapıdır bu.

Bugünkü tanımıyla -gerçek anlamdaki ilk bilgisayar bilimcisi, sanırım İngiliz matematikçisi Alan Turing'dir. Öte yandan en verimli kişisel katkıları koyan kişi de, hiç kuşkusuz, John von Neumann'dır. Neumann, bir bilgisayarın esas olarak "aritmetik birim, bellek, kontrol birimi, girdi ve çıktı" biçiminde ifade edilen beş elemandan oluşması gerektiğini açık olarak ilk formüle eden kişidir. Aynı zamanda ilk "program depolanan" makineyi de keşfetmiştir. Burada kastedilen kavram komutların ve verinin aynı bellekte depolanması ve aynı aritmetik birimde işlenmesidir. Bu özellik von Neumann'ın makinesini, programlarını "punch" edilmiş şeritlerle giren öncüllerinden farklı biçimde ayırır. Bizler için depo edilmiş program olayı açıktır ve doğaldır. Ne var ki o zamanlar açık delildi ve büyük öneme sahip bir düşünce olma özelliği taşıyordu. Depolanan program bir bilimsel ilke midir yoksa bir mühendislik buluşu mu? Ben bir mühendislik buluşu olarak sınıflandırılması gerektiği düşüncesindeyim, fakat o kadar temel bir buluştur ki bilimsel ilke olmaya da oldukça yakın gözüküyor. Von Neumann, bir araştırmacı olarak hem matematikçi, hem fizikçi, hem de mühendisti ve her üç alanda da büyük ve unutulmaz katkılarda bulunmuştu. Tüm bilim tarihinde, hakkında bu tür yargılara varılacak insan sayısının bir düzeyini geçmeyeceğini söylemek yanlış olmasa gerek.

Köşetaşları konusunu bağlamadan önce, bu dört alanın köklerinin ortaya çıktığı zaman ve yerleri not edilmeye değer buluyorum.

Elektrodinamik: Maxwell -Cambridge, 1873

Depolanabilen Program: Von Neumann -Princeton, 1944

Transistor Bardeen Brattain, Shockley -Murray Hill, 1948

İletişim Kuramı: Shannon -Murray Hill, 1948

Bu dört olaydan üçünün 4 yıllık bir dönem içinde ve 50 kilometreden daha az bir coğrafik bölge içinde gerçekleştiğine dikkat çekmek isterim. Bu olgu aynı zamanda, söz konusu dönem boyunca ABD'nin doğu sahillerindeki etkileyici bireysel verimliliğin de çarpıcı bir göstergesidir.

Gelecek

Biraz da geleceğe dönelim ve bizlere neler getireceğini düşünelim. Geleceği öngörmek güçtür ve temel olarak da bilinemezdir. Fakat büyük olasılıkla önceden gözlenebilen belirli olaylar vardır; diğerleri ise daha spekülatiftir.

Maxwell denklemlerine tekrar dönersek, güzelim simetritlerine karşın bir ayıpları olduğunu görürüz. Birinci denklemde elektronların taşıdığı akımı tanımlayan bir "j" terimi vardır, ikinci denklemde ise buna karşılık gelen herhangi bir terim yoktur. Bunun nedeni yalıtılmış manyetik yük ya da manyetik kutup diye bir gerçekliğin olmamışsıdır. Böyle parçacıklar öngörülmüş ve "manyetik tekkutuplular" olarak adlandırılmışlardır. Eğer keşfedilmiş olsalardı yaratacağı etkileri bir düşünün! Maxwell denklemlerinin ikinci-

sine ve dördüncüsüne yeni terimler eklenecek, böylece denklemler tam anlamıyla simetrik olacaklardı. Elektrik akımının manyetik alan ürettiği bildiğimiz ikikutuplu ("dipole") antenin yanı sıra, manyetik akımın elektrik alanı ürettiği bir diğer ikikutuplu olacaktı -anten tasarımcısı için ne büyük bir rüya! Yetenekli mühendisler çalışma odalarına kapanacak ve buluş üstüne buluş yapacaklardı. Ne var ki, tekkutuplunun kendisi temel yasalara aykırı olmasa da anten kuramlara ters düşmektedir; bizler de Maxwell denklemlerini tüm sınırlamalarıyla birlikte kabul etmek durumundayız.

Gelecekte, dalgalar ve katı maddeler arasındaki etkileşimleri konu alan araştırmalardan çok şey beklemeliyiz. Öte yandan irakiletişimde ve görüntüleme tekniklerinde "neutrino" (ışık hızında hareket eden elementer parçacık) ışınların kullanılması, ışık yükseltecinin bulunması, "data encryption" sistemlerinin ve halk anahtar kodlarının yaygın kullanılması, katot ışın tübü yerine kullanılacak yeni aygıtların geliştirilmesi geleceğe ilişkin spekülatif olmayan beklentilerdir.

Biyoteknoloji alanındaki gelişmelerin teknolojiye uygulamalara yansımaları neler getirebilir? biyolojik bilgisayar silikon yongaların yerini ne zaman alacaktır? Sinyallerin hareket eden elektronlar yerine organik moleküllerle taşındığı ve benim "biyosayısal yonga" diye adlandırdığım devrelerin gerçekleşmesi yakın gelecekte olası mıdır?

Soruları çoğaltmak kolaydır -aynı zamanda gereklidir de. Sorunların çözümünün de bu yoldan geçeceğine inanıyorum.

Sonuç

Sonuçta, tekrar yazımın ana teması olan "bilimin etkisine dönmeme izin verin. Bugün esas olarak "yeni bilim" e ihtiyaç var mıdır? Emin olmak için bir tek şey söylenebilir: Varolan bilimsel yapı, çok daha fazla teknolojik gelişme, "oda"da hâlâ yer bırakıyor. Uzay teknolojisinde, tümeşik optikte, mikroelektronikte ve bilgisayar mimarisinde varolan potansiyel dev boyutlardadır. Bir başka deyişle bilimin dört köşetaşı henüz aşırı yüklenmemiş, doyuma ulaşmamıştır. "Yeni bilim" için zorlayan bir ihtiyaç yoktur. Öte yandan, ortaya çıktığında kullanımının olmayacağını söylemek de anlam taşımamaktadır. Sonuçta iletişim, yalnızca Maxwell denklemleriyle 50 yıldan fazla "mutlu bir şekilde" yaşayarak bugünlere ulaştı. Diğer üç köşetaşının da istendiği ya da öngörüldüğü için ortaya çıktığını hiç zannetmiyorum. Von Neumann'ın makinesinin önceden bilinmediği kesindir. Ancak makine gerçekleştirildiğinde hemen kullanıma konulmuştur. Kişisel olarak, "yeni" bilim için umutluyum ama kimse onun nereden ve nasıl geleceğini söyleyemez.

Büyük bilimsel buluşlar beklenmezler. Onlar gerçekten yetenekli bireylerden ortaya çıkarlar ve doğanın harikulade -aynı zamanda da nadir- armağanlarındandır. "Yeni bilim" hiçbir zaman bir yapay zeka sisteminden ya da beşinci kuşak (ya da bir başka kuşak) bilgisayardan gelmeyecektir. En üst düzeydeki yaratıcı süreç doğal olarak insanın kendisidir ve ben hep böyle kalacağından eminim.