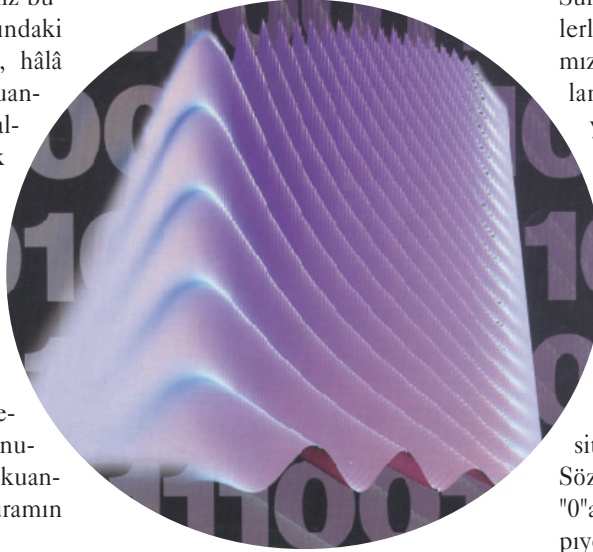


Kuantum Bilgisayar İçin Yeni Atılımlar

Yirmi birinci yüzyılın rüyası, kuantum bilgisayarlar. Evrenimizi kavrayabilmek, doğa kuvvetlerinin işleyişini ve ilişkilerini tam olarak bilmemiz için gerekli hesaplama gücü, gelişen teknolojik uygarlığımızın gerektirdiği iletişim hızları, askeri sırlarımızı korumak, başkalarının ne yaptığını gizlice öğrenmek için bu bilgisayarları bekliyoruz. Çünkü kuramsal olarak bunların hesaplama güçleri ve hızları, sıradan bilgisayarlardan onlarca kat fazla. Şöyle yalnızca 300 işlem birimli bir kuantum bilgisayarın, 2^{300} işlemi, yani tüm Evren'deki toplam parçacık sayısı kadar işlemi, birkaç saniyede yapabileceği hesaplanıyor. Bu alanda yapılan çalışmalarsa, hâlâ mikroskopik dünya ile, tanıdığımız büyük ölçekteki dünyanın sınırlarındaki gri bölgede dolaşıyorlar. Kuram, hâlâ deneyin çok önünde koşuyor. Kuantum bilgisayarlar için harıl harıl algoritma üretiliyor. Buna karşılık laboratuvarlarda geliştirilen prototipler son derece ilkel. Emekleme çağından yeni çıkan bebekler gibi birkaç adım attıktan sonra düşüyorlar. Ama gene de, içinde el yordamıyla yürüdüğümüz sis giderek aydınlanıyor. Son birkaç ay içinde açıklanan gelişmeler, kuramsal çalışmaların hızla sonuca yaklaştığını gösteriyor. Hatta kuantum şifreleme alanında pratik, kuramın önüne geçmiş bile.

Belki de beklentilerimizin körüklediği sabırsızlık nedeniyle ağır gibi görünen ilerleme, çok farklı iki dünyanın araçlarını birleştirmek gibi güç bir işi başarmak zorunda. Telekom şirketlerinin, fizikçilerin ve gizli hükümet kuruluşlarının rüyasını süsleyen bu araçlardan beklenen, atomaltı dünyanın özelliklerini, yaşadığımız makroskopik dünyaya taşınmaları. Oysa bu iki dünyanın işleyişi, dinamikleri çok farklı. Bu durumda beklentilerimize koşut hünerlere sahip kuantum bilgisayarların ortaya çıkması, mikroskopik dünyadaki nesnelere makroskopik ölçüm araçları arasın-

daki uyumsuzluğun giderilmesine bağlı. Aradığımız köprü de ortaya çıkmış gibi görünüyor. Bu alanın önde gelen kuramcılardan Dmitri Averin'e göre fizikte son 20 yılın en büyük buluşlarından biri, milyarlarca elektron içeren süper iletken gibi makroskopik bir sistemin, mikroskopik dünyayı yöneten kuantum mekaniğinin ilkelerine göre davranabildiğinin kanıtlanmış olması. Bunun önemi şuradan kaynaklanıyor: Kuantum bilgisayar öncülleri, şimdiye kadar atom ya da moleküller içindeki parçacıkların spinlerinden ya da ışığın polarizasyonundan yararlanılarak gerçekleştirildi. Ancak bu modelleri küçültmek olanak-



sız. Klasik bilgisayarlardaysa katı hal parçalar, devrelerin birkaç yüz nanometreye (metrenin milyarda biri) kadar küçültülmesine olanak sağladı. Katı hal parçalar, şimdiye değin kuantum bilgisayarları için uygun sayılmıyordu. Çünkü bunların üzerindeki elektronların sayılamayacak ölçüde ve karmaşada kuantum durumu bulunur. Oysa kuantum bilgisayarlar kolayca saptanabilen "açık-kapalı" durumlara gerek duyuyorlar. İşte süper iletkenler bu açmazı ortadan kaldırdı. Çünkü üzerlerindeki elektronlar son derece düzenli biçimde hareket

ediyorlar. Japon araştırmacılar da geçtiğimiz aylarda bu köprü üzerinde yürüterek büyük düşün gerçekleşmesi yönünde önemli bir ilerleme sağladılar.

Farklı Dünyalar, Farklı Araçlar...

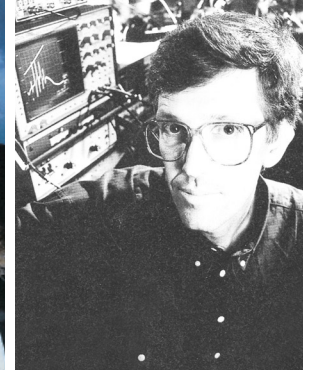
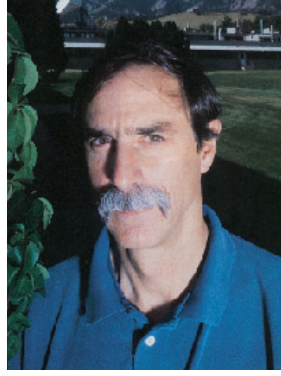
Böyle bir köprü neden bu kadar önemli? Bizler, dünyamızı, evrenimizi, alıştığımız kesin kurallarla yorumluyoruz. Bilimimiz, uygarlığımız, nesnelere etkileşiminde bulunduğumuzu varsaydığımız kesinliğe, neden ve sonuç arasındaki düz akışa dayanıyor. Olağan yaşantımızda bir şey ya vardır, ya da yoktur. Süreçler, belirli, "mantıksal" bir sıra izlerler. Kaçınılmaz olarak, organizmamızdan kaynaklanan bu algılama sınırlamaları, kendi mantığımızı, kendi yaptığımız bilgisayarlara da taşımak zorunda bırakmış bizi. Bilgisayarlarımız, ister oda büyüklüğündeki süper hızlı çeşitleri olsun, isterse hesaplarımızı yaptığımız, yazılarımızı yazdığımız, İnternet'te "dolaştığımız" masaüstü çeşitleri, bu lineer mantığı yansıtıyor. Bildiğimiz, sıradan bilgisayarların tuğlaları, "bit" denen 1 ve 0 sayılarıyla basit işlemler yapan "mantık kapıları". Sözelimi, bir "HAYIR" kapısı "1"i "0"a "deviriyor", ya da bunun tersini yapıyor. Peki sıradan bilgisayarlarımız bu girdilerin "1" ya da "0" olduğunu nasıl anlıyorlar? Basit: Elektrik akımının varlığı ve yokluğuyla. Yani "1", akımın var olduğunu, "0"sa yokluğunu gösteriyor. Bilgisayarlarımızın mantık kapıları da, cereyanı iletip kesen transistör dizilerinden oluşuyor. Karmaşık hesaplar, sıradan bilgisayarlarca sayıları seri halde dizilmiş kapılardan geçirerek yapıyor.

Kuantum dünyadaysa işler farklı. Bir kere, bizim kavradığımız anlamda kesinlik diye bir şey yok. Zaten atomaltı ölçekteki doğa kuvvetlerinin (elektromanyetik, şiddetli ve zayıf çekirdek kuvvetleri) etkileşimini açıklayan ku-

antum mekaniğinin temel direği de ün-
lü "belirsizlik ilkesi". Alman fizikçi Wer-
ner Heisenberg'in ortaya koyduğu bu
ilkeye göre bir parçacığın konum ve
momentumunun çarpımı, her zaman sı-
fırdan büyük olmak zorunda. Bunun
nedeni de parçacığın konumunu ya da
hızını ölçmek için yapılan her gözlemin,
gözlenen niceliği değiştirmesi. Kuan-
tum alanlarında küçük çarpılmalar ola-
rak yorumlanan parçacıkların kesin du-
rumlarını belirlemek olanaksız. Parça-
cıklar ancak farklı konumlardan oluşan
bir olasılık bulutu içinde bulunabilir.
Avusturyalı fizikçi Erwin Schrödinger'in
bir "dalga fonksiyonu" olarak betimlediği
bu üst üste binmiş gerçekler, sürekli bir
uyum içinde bulunuyorlar. Ancak en ufak
bir dış etken (örneğin gözlem) bu uyumu
bozuyor ve biz olası durumlardan yalnızca
birisini görebiliyoruz.

Deneyim çerçevemizde bulunmadığı için kavramakta zorlandığımız ço-
ğul, yada paralel gerçekler olgusu, aslında
bilgisayarlar için olağanüstü ufuklar
açıyor. Bu, kuantum bilgisayarların "ku-
antum bit", ya da kısaca "kubit" denen
işlem birimlerinin çok farklı bir özelli-
ğinden kaynaklanıyor. Klasik bilgisay-
arların işlem birimlerinin "1" ve "0"
olan iki ayrı "bit"ten oluştuğunu görmüş-
tük. Oysa bir kubit, aynı anda hem
"1", hem de "0". Yani kuantum mekani-
ğindeki gibi, olası durumların üstüste
binmiş hali. Klasik bilgisayar, "bit"ler-
den oluşan dizileri sırayla teker teker
inceleyip bir sonuca oluşurken, bir ku-
antum bilgisayar, tüm hesapları "aynı
anda" yapıyor.

Kuantum mekaniğinde bir başka
gariplik de, parçacık çiftleri arasında
"dolanıklık" (entanglement) denen çok



Dave Wineland (solda) ilk kuantum mantık kapısını tasarlayanlardan. Dawn Meekhof (ortada), NIST ekibinde yer alan araştırmacılardan. Jeff Kimble (solda), bir sezyum atomu aracılığıyla iki foton arasında dolanıklık bağı kurdu.

özel bir ilişkinin bulunması. Sistemdeki
parçacıklardan biri üzerinde bir ölçüm
yaptığımızda, öteki, binlerce ışık yılı
ötede bile olsa, anında bu ölçümün et-
kisini duyuyor. Bu da, kuantum bilgisay-
arlarda kubit zincirleri oluşturulmasına
olanak tanıyor.

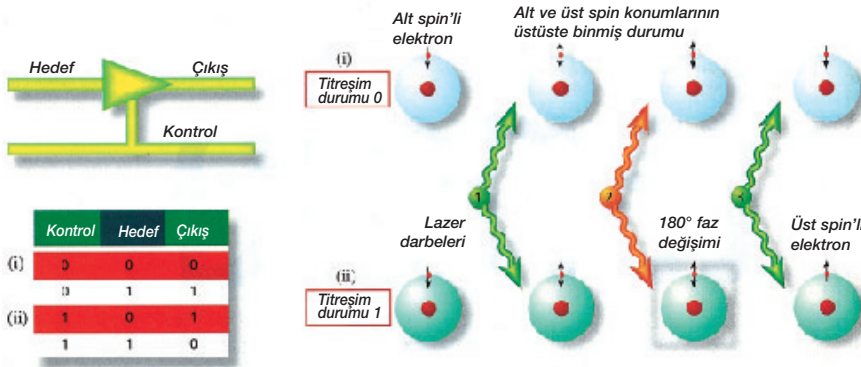
Öncü Çalışmalar

Kuantum dünyasındaki dolanıklık-
tan makroskopik dünyada yararlanma
düşüncesi, 1980'li yıllarda bilim dünya-
sında aniden fırtına gibi esti. ABD Ar-
gonne Ulusal Laboratuvarı fizikçilerin-
den Paul Benioff, kuantum bilgisayar
için bir mantık kapısı tasarladı. Onun
düşünceleri, daha sonra IBM araştırmacı-
larından Charles Bennett ve Oxford
Üniversitesi'nden David Deutsch tara-
fından daha da geliştirildi. 1994 yılın-
daysa AT&T Laboratuvarları fizikçilerin-
den Peter Shor, kuantum bilgisayarlar
için bir algoritma geliştirdi. Shor'un,
yüzlerce haneden oluşan sayıları çok kı-
sa sürede çarpanlarına ayırmak için ge-
liştirdiği algoritma, araştırmaları daha da
hızlandırdı ve bir ya da birkaç mantık

kapısından oluşan ilkel "kuantum bilgi-
sayarlar" ortaya çıkmaya başladı.

California Teknoloji Enstitüsü fi-
zikçisi Jeff Kimble, bir sezyum atomu
aracılığıyla iki fotonu "doladı". Kimble
ve ekibi, sezyum atomunu, optik reso-
nator denen ve fotonları ileri geri yansı-
tan iki aynadan oluşan küçük bir odacı-
ğa yerleştirdiler: Böylelikle fotonların,
sezyum atomunun dış elektronu ile et-
kileşme olasılığının artacağını düşündü-
ler. Sezyum atomunda bu elektron, de-
ğişik enerji düzeylerinde bulunur.
Aradaki farka eşit enerjili bir foton ya-
kalarsa, bir düzeyden ötekine atlar.
Araştırmacılar, sezyum içinde bir foto-
nun polarizasyonuna (kutuplanmasına)
duyarlı bir enerji geçişinden yararlandılar.
Kutuplanma, fotonun elektrik alanının
salınım yönüyle ilgilidir. Örneğin,
alan kendi çevresinde dönüyorsa ve
böylece foton ilerlerken bir heliks çiziyorsa,
foton "dairesele kutuplanmış" demektir.
Araştırmacılar, sezyum atomunda,
yalnızca saat yönünde dönen alanlara
sahip fotonlara duyarlı, ters yönlü foto-
nlardan etkilenmeyen bir elektron geçişi
belirlediler.

Bu durumda, saat yönlü alana sahip
bir foton "1", ters yöndeki alana sahip
bir başka fotonsa "0" olarak kabul edile-
bilir. Kimble ve arkadaşları bu foton
çiftlerini odacığa gönderdiler ve çıktıkları
andaki kutuplanmalarını incelediler.
Görüldü ki, 0-0, 0-1 ve 1-0 grupları-
ndan oluşan çiftlerin etkileşimlerinde
dikkat çekici bir şey yok. Oysa 1-1 çifti
odacıktan şaşkırtıcı bir değişiklikle çıktı.
Kuantum fiziğinde parçacıklar birer
"dalga fonksiyonu" ile betimlenirler. Bu
dalğanın da ötekiler gibi tepe noktaları
ve çukurları vardır. 1-1 çifti odacıktan
çıktığında dalga fonksiyonunun fazı
(yani tepe ve çukurların konumu) de-

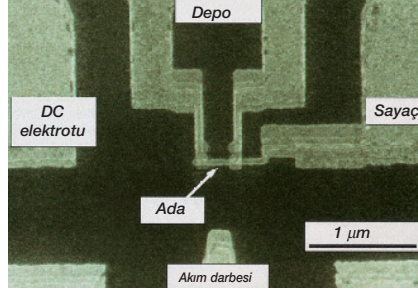


Bit'leri devirmek: Klasik bilgisayarlarda kontrollü bir "hayır" kapısı, kontrole giren bit'e bağlıdır (Sol üst). Kapının kuantum versiyonundaysa (sağda) kontrol biti, bir berilyum iyonunun titreşim durumu ve hedef de, elektronun spin'i tarafından belirlenir.

ğişmişti. Bunun da anlamı, fotonların, sezyum atomu aracılığıyla birbirleriyle etkilemiş olmalarıydı. Fotonlar, tek bir düzlemde titreşen, yatay ya da dikey kutuplanma diye bilinen elektrik alanlarına da sahip olabilirler. Bunlar da dairesel kutuplanmış ışığın farklı konumlarının üst üste binmiş durumları, başka bir deyişle 0 ve 1'in üst üste binmiş durumları olarak kabul edilebilir. Böyle çoğul durumlu bir foton çifti de odacığa gönderilirse, bu çoğullukların 1-1 parçaları da etkileşerek dalga fonksiyonunun fazını değiştirirler. Yani çoğul kutuplanmış bu fotonlar, çıktıklarında daha da karmaşık bir çoğul kutuplanma durumu alırlar. Artık iki foton arasında dolanıklık bağı kurulmuş olur.

Jeff Kimble, fotonların dalga fonksiyonlarını değiştirerek bir mantık kapısı kurdu. Shor'un algoritması için tasarlanmış başka düzeneklerse, klasik bilgisayarlar gibi 1'leri ve 0'ları baş aşağı devirmek temeline dayalı kapılardan yararlanıyorlar. ABD Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü (NIST) araştırmacılarından Dave Wineland'in tasarladığı bir "HAYIR" kapısı, hedef olarak seçilmiş bir "bit"i "0"dan "1" konumuna, ya da tersine deviriyor. Ancak bunu, "kontrol" denen ikinci bir girdi "1" değerindeyse yapıyor. Eğer kontrol "bit"i "0"sa, o zaman hedef in çıktısı, girdisiyle aynı konumda oluyor. Aynen Kimble'inki gibi, Wineland'in kapısı da 1 ve 0'ların üst üste binmiş durumlarını da işlemden geçirebiliyor.

NIST ekibi, aynı nesne içindeki iki ayrı kuantum sistemi arasında dolanıklık bağı kuruyor. Bu, artı elektrik yüklü bir berilyum iyonu. Araştırmacılar önce iyonu Paul Kapanı denen bir elektrik alan ağı içinde hapsediyorlar. Merkeze itilen iyon titreşmeye başlıyor. Burada iyon, 1 milikelvin (-272,99°C)'ye soğutuluyor, böylece her türlü hareket durduruluyor ve dış etkiler perdeleniyor. İyonun titreşim enerjisinin düzeyi kontrol "bit"i oluyor. En düşük titreşim düzeyindeki bir iyon "0", bir sonraki en yüksek titreşim düzeyindeki bir iyon da "1" oluyor. Hedefse, dönmesine (spin) bağlı olarak iki enerji düzeyinden birinde bulunan dış elektron. Spin, dönen bir topun açıl momentumu gibi canlandırılabilir bir kuantum mekaniği terimi. Bu örnekte, spin, üst ve alt yönde olmak üzere iki ayrı değer taşıyor. Wineland ve ekibi, lazer darbeleriyle

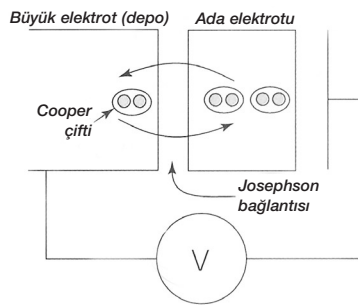


Japon araştırmacıların geliştirdiği nanometre ölçeğinde katı hal kuantum mantık kapısı

elektronu bu iki değer arasında oynatabiliyorlar. Örneğin bir vurdüğunuzda elektron üst spin durumuna, bir daha vurulduğunda gene eski alt spin konumuna geçiyor. Lazer darbesinin süresi önemli. Eğer elektronu bir durumdan ötekine geçirmek için t süresi gerekiyorsa, 2t, onu bir düzeyden diğerine götürüp geri getirir. Işın garibi, 1/2 t uzunluğunda bir lazer darbesinin, elektronu üst ve alt spin konumlarının üst üste binmiş durumuna getirmesi.

Peki kapı nasıl işliyor? Elektronun alt spinde ve "1"e karşılık gelen titreşim durumunda olduğunu varsayalım. Araştırmacılar üç lazer darbesi kullanıyorlar. Birincisi, 1/2 t süreli; elektronu alt ve üst spinlerin üst üste bindiği duruma getiriyor. İkinci darbe, deneyin bir özelliğine göre ayarlanmış. İki spin durumunun dışında, üçüncü bir enerji düzeyine sahip ve bu düzeye erişmek için gereken enerji, iyonun titreşim durumuna bağlı. İkinci lazer darbesinin enerjisi, elektronu, ancak üst spin konumundayken ve iyon'un titreşim düzeyi de "1"e karşılık gelecek konumdayken bu üçüncü düzeye fırlatacak biçimde ayarlanmış. Dolayısıyla da, üst üste binmiş konumların sadece bu parçası etkileniyor.

Bu arada bir "hile" daha yapıyor. NIST ekibinden Dawn Meekhof bunu



Japon araştırmacılar, basit bir Cooper çifti kutusu kullanarak katı hal malzemeden, elektrikle yönetilen bir kuantum mantık kapısı gerçekleştirdiler.

şöyle açıklıyor: İkinci lazer darbesi 2t süreyle veriliyor. Yani, elektronu üst konuma yükselttikten sonra tekrar geri getiriyor. Elektron döndüğünde dalga fonksiyonunun fazı 180 derece dönmüş oluyor. Yani dalganın tepeleri, eskiden çukur olan yerlere geliyor. Gelelim üçüncü darbeye. Bu kez lazer, ilk darbe gibi 1/2 t süreyle veriliyor ve elektron'un alt spinde üst spin konumuna dönme süreci tamamlanıyor. Böylece başlangıçtaki alt spinli elektron, üst spinli konuma çevrilmiş oldu. Bu da klasik bilgisayarlarda "0"ın "1"e devirilmesine benziyor. İyonun titreşim durumu "0"sa, ara (ikinci) lazer darbesinin elektron üzerinde hiçbir etkisi olmuyor. Ayrıca 180 derecelik faz değişimi olmadan, elektron, üçüncü darbeye vurulduğunda da üst spin durumuna geçmeyip, alt spin durumuna geri dönüyor. Bu, klasik bilgisayarların "0 girdi-0 çıktı" durumuna karşılık geliyor.

Şimdi de şöyle bir deney düşünün: Başlangıçta iyonun titreşim durumu, 0 ve 1 konumlarının üst üste binmiş durumu olsun ve elektron da alt spinli konumda bulunsun. Lazer darbeleri peş peşe gelmeye başlayınca iyon, üst üste binmiş çok sayıda konumdan geçtikten sonra, "0 titreşim durumu-alt spin" ve "1 titreşim durumu-üst spin" konumlarının üst üste binmiş durumuna gelecektir. Dolayısıyla, titreşim ve spin durumları arasında dolanıklık bağı kurulmuş oldu. Artık elektronun spin konumunu "alt" olarak ölçerseniz, iyonun titreşim durumunun 0 olduğunu herhangi bir ölçüme gerek duymadan bileceksiniz.

Küçültmede Japonlara Güvenin

Kuşkusuz işe yarayabilecek kuantum bilgisayarlar tek bir mantık kapısıyla çalışamaz. 1000 hanelik şifreleri çözecek, süper bilgisayarların milyarlarca yılını alacak hesaplamaları göz açıp kapayıncaya yapacak türden olanlar, en azından yüzlerce kubit'in seri bağlanabilmesini gerektiriyor.

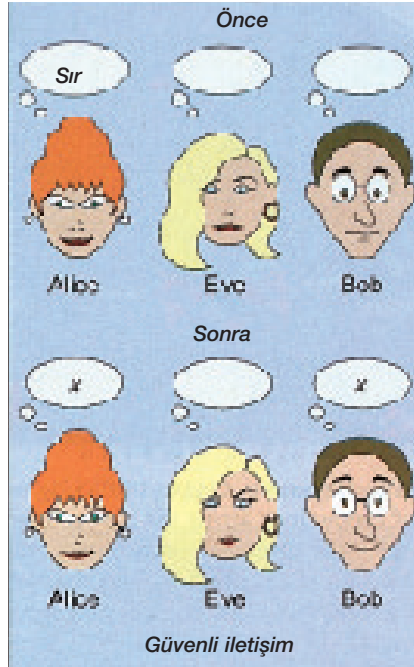
Gerçi araştırmacılar, iyonları ışık içinde tutarak, molekülleri solüsyonlar içinde sallayarak ya da başka yöntemlerle kuantum etkilerden yararlanıp birkaç kubitlik sistemler geliştirebildiler. Ama bu işte bir terslik yok mu? Mikroskopik dünyadan ödünç alınan sistem,

dev boyutlara tırmanıyor; buna karşılık büyük ölçekli dünyamızın araçları neredeyse görünmez olacak! Tek bir kuantum devre gerçekleştirmek için odalar dolusu lazer, güçlü mıknatıslar, kontrol ve gözlem araçları gerekiyor. Bu durumda, ciddi işlemler yapabilecek kuantum bilgisayarı bir hangar boyutuna varacak. Oysa, milyonlarca devrenin bir arada bulunduğu sıradan bir bilgisayar çipi neredeyse mikroskopik büyüklükte.

Kaldı ki, farklı kuantum durumlarını üst üste bindirmekle iş bitmiyor. Bu çoğul gerçekler, en ufak bir dış etkenle, tek bir fotonun değmesiyle bile "çöküyor" yani aralarındaki uyum ortadan kalıyor. Bu olasılıklar karmasını uyum içinde tutmak, gaz, kristal, optik kablo gibi araçlarla kolay yapılacak bir şey değil.

Bu, mikroskopik dünyanın bilgi işlem aracı olan kubitleri makroskopik dünyaya taşımanın güçlüğünden kaynaklanıyor. Gerçi makroskopik kubitleri yönetmek biraz daha kolay ama, gene de makroskopik kuantum uyumunun korunması uzun süre bir darboğaz olarak kaldı. Bir grup Japon araştırmacının Nisan sonunda yaptıkları açıklamaysa, darboğazların aşılmaya başladığını gösteriyor. NEC araştırmacılarından Yasunobu Nakamura ve iki arkadaşı, makroskopik uyumun uzun süre korunabileceği ve pek çok kubitin dar bir alana sıkıştırılabileceği bir mekanizmayı açıkladılar. Araştırmacılar, bu işi hem silikon ve metal karışımı gibi bir katı hal ortamında, hem de çok basit bir yöntemle gerçekleştirdiler. Kullandıkları araç, bir Cooper çifti kutusu (Cooper çifti, bir süper iletken içinde birbirine bağlanmış iki elektrondan oluşuyor). Kutu tabii ki çok küçük; nanometre ölçeklerinde. Üstelik neredeyse -273 Celsius derecesindeki mutlak sıfıra kadar soğutulmuş. Bir süper iletkene zayıf biçimde bağlanmış daha küçük bir süperiletken "adacık"tan oluşuyor. Her iki süper iletken de, Bose-Einstein Yoğunlaşması denen ve aynı kuantum durumuna sahip makroskopik sayılarda Cooper çiftinden oluşuyor. Elektrotlar arasındaki zayıf bağlantı nedeniyle aralarında Josephson Ekleme (junction) denen küçük bir hat oluşuyor. Süper iletkenler bir elektrik kapasitörü oluşturuyor ve Josephson bağlantısı üzerindeki akım, bu kapasitör üzerindeki elektrik yükünü değiştiriyor. Kapı vol-

tajı V elektrotlar arasındaki potansiyel farkını belirliyor. Kuantum mekaniğine göre, Bose-Einstein Yoğunlaşmasında dalga fonksiyonunun fazıyla, içindeki parçacıkların sayısı arasında, aynen hız ve konum arasında olduğu gibi, belirsizlik ilkesinden kaynaklanan bir ilişki olur. Yani fazdaki belirsizliği daraltmaya çalışırsanız, çökteldedeki parçacık sayısındaki belirsizlik artar. Tersine, parçacıkları azaltmaya kalktığımızda, fazdaki belirsizlik artar. Cooper kutusundaki bu faz-sayı ilişkisi, kutuyu makroskopik bir kuantum sistemi haline getiriyor. Burada, Josephson faz değişimleriyle, kutudaki elektrik yükü, belirsizlik ilkesindeki parçacık ve konum rolünü oynuyorlar. Kutunun boyutu küçüldükçe



ada elektrotla, büyük elektrot (elektron deposu) arasındaki elektron çiftlerinin akışı azalıyor. Ve yeterince küçük bir kutuda (deneyde kullanılan birkaç nanometre büyüklüğündeki gibi) yalnızca bir çift elektron, bağlantının içinden geçerek ada ve depo arasında salınıyor. Bu da dijital sistemlerdeki 1 ve 0'a karşılık geliyor. Daha doğrusu bunların üst üste binmiş durumlarına...

Gerçi elektronlar kuantum uyumu bozulmadan yalnızca altı kez salınabiliyorlar, ama bu bile katı hal ortamındaki dış etken bolluğu karşısında önemli bir başarı. Üstelik uyum bozulmasının suçlusu, metal tabandaki atom ölçeğinde yabancı maddeler gibi görünüyor. Bunların giderilmesiyle uyumlu salınma süresi artabilecek.

Bilginin, tek bir atom ya da foton gibi mikroskopik sistemlere yüklenerek klasik yasaların denetiminden çıkıp kuantum yasalarının egemenliğine girmesi, artık eskiden olduğu gibi can sıkıcı bir durum değil. Akıl almaz işler yapabilecek bilgisayarların dışında da, kuantum belirsizliğinden yararlanan bilgi işleme yöntemleri tasarlanıyor. Kuantum iletişim konusunda deneyler sürüyor. Ama burada da kuantum bilgisayarların karşılaştıklarına benzer sorunlar var.

Oysa bir alan var ki, başarılar birbirini izliyor. Öyle bir alan ki, pratik, kuramın çok ötesinde gidiyor. Bu alan da haber alma örgütlerinin dikkatle izlediği bir alan. Tahmin ettiniz: Kuantum kriptografi ya da şifreleme. Müşteriler öylesine acele ki, kullanma protokolleri hazırlanmış bile. Üst üste bindirilmiş kuantum durumlarını taşıyan fotonlar, optik kablolarla onlarca kilometre öteye taşınabilmiş, Şimdi çalışmalar, bunları uydu aracılığıyla iletebilmek. Sistem, bir bilgiyi şifreleyip alıcıya gönderen bir kişi (genellikle Alice diye adlandırılıyor), mesajı alan (Bob) ve bu mesajları zaptetmek isteyen gizli dinleyici (Eve) arasında kurulu. "Çoğul gerçekli" fotonlarla bilgi iletimi, Alice ve Bob'a, kuryeye gereksinme duymadan paylaşabilecekleri gizli bir şifre anahtarı oluşturma olanağı sağlıyor. Üstelik, kuantum bilgisayarlarının kâbusu olan uyum bozulması, kuantum şifreleme alanında çok yararlı bir araç. Çünkü casus Eve, haberleşmeyi dinlemek için kuantum bilgisayar bile kullansa, bu kulak misafirliğinin izleri, anında ortaya çıkıyor ve Alice ve Bob'u uyarıyor. Gerçi bu alan da tümüyle sorunsuz değil: Açık havada gönderilen kuantum şifreli fotonların uyumu, Güneş'ten gelen ya da başka kaynaklı fotonlar, örneğin alıcı aygıtlardaki fon sıcaklığı, ya da parazit gibi nedenlerle bir ölçüde bozulabiliyor, Ama araştırmacılar, bu bilgi kaybını yüzde 25 düzeyinde tutmayı başarmışlar. Araştırmacılar, birkaç yılda son pürüzlerin de giderilebileceği konusunda umutlular.

Raşit Gürdilek

Kaynaklar:

- Averin, D.V., "Solid-state Qubits Under Control" *Nature*, 29 Nisan 1999
 Hughes, R., Nordholt, J., "Quantum Cryptography Takes to the Air" *Physics World*, Mayıs 1999
 Nakamura, Y., Pashkin, Y., Tsai, J., S., Coherent Control of Macroscopic quantum States in a Single-Cooper-pair Box" *Nature*, 29 Nisan 1999
 Service, R.F., "Quantum Computing Makes Solid Progress" *Science*, 30 Nisan 1999
 Stein, B., "It Takes Two to Tangle" *New Scientist*, 28 Eylül 1996