

JAPONYA VE BEŞİNCİ KUŞAK BİLGİSAYAR PROJESİ

Metin BEYNAM
Elk. Yük. Müh.

ÖZET

6-9 Kasım 1984 tarihleri arasında Japonya'nın başkenti Tokyo'da Beşinci Kuşak Bilgisayar Sistemleri hakkındaki ikinci uluslararası konferans yapıldı. Dış dünyada büyük yankılar uyandırmış olan Japonların Beşinci Kuşak Bilgisayar Projesi, yurdumuzda henüz yeterince tanıtılmış ve değerlendirilmiş değildir. Bu yazıda amaç, hem konu ile ilgili özet bilgi sunmak, hem de Japonların hedefinin ne olduğunu daha geniş toplumbilimsel ve teknolojik bir çerçeve içinde irdelemektir.

GİRİŞ

Nisan 1981'de Japon hükümeti, yeni ve son derece iddialı bir programı finanse edeceğini ilan etti. Bu program, bilgisayarların yetenek ve yeterliliklerinin, devrimsel denebilecek boyutlarda artırılmasını öngörüyordu. Japon programının ayrıntıları, dünya kamuoyuna ilk kez, Tokyo'da Ekim 1981'de yapılan Birinci "Beşinci-Kuşak Bilgisayar Sistemleri" (BKBS) Konferansında duyuruldu. Bu konferansa katılan Avrupalı ve Amerikalı bilim adamları, Japonya'dan ayrılırken, Japonların artık batı teknolojisine yetişemeyecekleri; teknolojide birinciliği ele alıp, önderlik meşalesini bundan böyle kendilerinin taşımak istedikleri izlenimini edinmiş bulunuyorlardı.

Gerçekten Japonya, son yıllarda dev adımlar atarak teknolojide ABD ile boy ölçüşür duruma gelmişti. Elektronik devre ve yonga ("chip") üretiminde ABD'den geri kalmıyordu. Japon otomobilleri, ABD'nin gümrük duvarlarını zorluyordu. Japonlar, girişimcilikleri ve çalışkanlıkları sayesinde, dünya ülkeleri arasında çok ayrıcalıklı bir yer kazanmış bulunuyorlardı.

Japonya bu işi, batı teknolojisini kopye etmek, ancak bunu, kendi toplum yapısına en uygun örgütlenme biçimleri geliştirmek suretiyle başarmıştı. Bu biçimler hem Japonların ulusal ve kültürel özellikleri ile çelişmiyor, hem de batı teknolojisinin en verimli bir şekilde devralınabilmesini sağlıyordu. Üretimde üç Amerikalının buluşlarını; Henry Ford'un "montaj hattı" ilkesini, kalite kontrolünde W Edward Deming'in ve standartlaşmada Eli Whitney'in geliştirdiği kavramları büyük bir başarıyla devralıp daha ileri götüren Japonlar, bir ara nefeslenmek için durup çevrelerine baktıklarında, taklit edilecek bir şeyin kalmamış olduğunu gördüler. Çünkü artık örnek alınacak kimseler haline, kendileri gelmiş bulunuyorlardı. BKBS Projesi, Japonların teknolojide önderliği keskinces ele alıp, bu önderliği tek başlarına sürdürme niyetlerinin bir belirtisi olarak yorumlandı.

OLAYIN KÖKENLERİ

Beşinci Kuşak Bilgisayar Sistemleri Projesi'nin başlan-

gıcı, 1979 yılına kadar uzanmaktadır. Bu tarihte Japonya'nın Uluslararası Ticaret ve Endüstri Bakanlığı (MITI*), 1990'lı yıllarda ortaya çıkacak bilişim ("information") toplumunu ve o tarihlerde gerekli olacak bilgisayarların neye benzeyeceklerini tasarlamaya başladı. Bakanlığın amacı, bu geleceğe hazırlanmak için hükümetin yapabileceği şeyleri saptamak ve bu yöndeki araştırma-geliştirme çabalarını desteklemektir. Bu amaçla bir etüd grubu kuruldu ve bu grup, iki yıl süreyle Japon Bilgi-İşlem Araştırma Merkezi'nde çalışmalarını sürdürdü. Daha sonra mali 1981'de Bakanlık, kendi inceleme gruplarını oluşturdu. Bu gruplardan birincisi, toplumsal açıdan bilgisayar gereksinimlerini, ikincisi bilgisayar donanımını, üçüncüsü ise bilgisayar yazılımlarını incelemekle görevliydi.

1981 yılında bu araştırmaların sonuçları, Tokyo Üniversitesi'nden Profesör Tohru Moto-oka tarafından bir rapor haline getirildi. Rapor, dev bir araştırma projesini çok ayrıntılı bir biçimde dile getiriyor, hedeflerini, kapsamını, planlarını ve "ar-ge" (araştırma-geliştirme) programını tanımlıyordu.

Bu rapora dayanarak Beşinci Kuşak Bilgisayar Sistemleri Projesi, mali 1982'de resmen başlatıldı. Projeyi uygulayacak örgüt olan Yeni Kuşak Bilgisayar Teknolojisi Enstitüsü (ICOT), Nisan 1982'de kuruldu.

BKBS Projesi, tamamen hükümet tarafından finanse edilen bir proje olarak başladığı halde, projenin hükümet-özel sektör işbirliği içinde yürütülmesi öngörü-lüyordu. Bu nedenle ICOT'un kuruluşuna sekiz yapımçı şirket katkıda bulundu. Japon endüstrisinin devleri olan bu şirketler, Fujitsu, Hitachi, Matsushita, Mitsubishi, Nippon Electric, Oki Electric, Sharp ve Toshiba idi. Her şirket eşit ölçülerde ICOT'u destekleyecek ve ürünlerinden aynı oranda yararlanacaktı. Ayrıca şirketler, ICOT'a bilgisayar konusundaki en üstün beyinlerini gönderdiler. ICOT'un yöneticisi olan 49 yaşındaki elektronik mühendisi Kazuhiro Fuchi başkanlığında çalışan bu 42 kişinin hepsi, 37 yaşından küçüktür ve Japonya'nın bilgisayar alanındaki en ileri ve en genç yaratıcı gücünü temsil etmektedir.

PROJENİN SÜRESİ VE BEDELİ

1981'de başlayan ve 10 yıl sürecek olan Japon BKBS Projesi, kamu ve özel sektör yatırımları olarak toplam 855 milyon dolara çıkacaktır. Bu sayının 450 milyon dolarlık bölümü, hükümet harcamalarını kapsamaktadır. Japonların ikinci bir projesinin de BKBS projesine katkılarda bulunması beklenmektedir. Bu, 1982'de başlayıp 1990'da sona erecek olan Süperbilgisayar Projesi'dir.

* Kısaltmalar, yazının sonunda açıklanmıştır.

Süperbilgisayar diye günümüzde, saniyede yüz milyon kayan nokta işlemi (100 megaflops) yapabilen bilgisayarlara denilmektedir. Örneğin Control Data şirketinin Cyber-205'i ile Cray firmasının Cray-1'i bu türdendir. Ancak yakın tarihlerde Japon Fujitsu, Hitachi ve Nippon Electric (NEC) şirketleri, piyasaya daha hızlı işlem yapabilen bilgisayarlar sürmüşlerdir. Japonların Süperbilgisayar Projesi ise saniyede on milyar kayan nokta işlemi gibi bir düzeyi amaçlamaktadır ki bu, günümüz süperbilgisayarlarından 100, normal bilgisayarlardan ise 1000 kez daha hızlıdır.

Japonların Süperbilgisayar projesi de hükümet ve MITI tarafından finanse edilmekte olup, yüz milyon dolara (yaklaşık 23 milyar Japon Yen'i) çıkacağı tahmin edilmektedir. Böylelikle Japonlar, yeni kuşak bilgisayarlarının geliştirilmesine, yaklaşık bir milyar dolarlık bir yatırım yapmayı ummaktadırlar. ABD, 1960'lı yıllarda benzer şekilde, aya insan indirip sağ salım geri getirmek için ulusal bir proje başlatmıştı. 8 yıl süren ve o zamanlar 24 milyar dolar tutan bu projeden sonra Japonların 5. Kuşak Projesi, son yıllarda bir ülke tarafından barışçı amaçlarla girişilen en büyük teknolojik geliştirme projesi olma niteliğini taşımaktadır.

MİTİ'NİN ROLÜ

Bu gelişmelerde, Japon Uluslararası Ticaret ve Endüstri Bakanlığı olan MITI'nin rolünü vurgulamak gerekir. MITI, başka ülkelerde tam bir eşdeğeri bulunmayan bir kuruluştur ve Japon hükümetinin özel sektörü hem teşvik etmek, hem de yönlendirmek için kurduğu bir bakanlıktır. Japon teknolojik atılımının birçok cephesinin ardında MITI vardır. Bunların içinde, Japonların yongalar konusunda Amerikalılara yetişmesini sağlayan 1977'lerdeki VLSI projesi ile, 1980'de başlatılan süper-şehirler kurma projesi sayılabilir.

Başlangıçta MITI, teknolojik ve endüstriyel gelişmeyi daha doğrudan denetlemek amacını güden bir kuruluş niteliğinde idi. Bu görünüm zamanla değişmiştir ve bugün, özel sektöre "yönetmelik rehberlik" hizmeti vermeye dönüşmüştür. Bu sayede fazla zorlayıcı olmadan, büyük projeleri koordineli bir biçimde yönlendirmek mümkün olmaktadır.

BEŞİNCİ KUŞAK NEDİR?

"Yeni Kuşak" veya "Gelecek Kuşak" olarak da anılan 5. Kuşak bilgisayarlarını ve toplumsal etkilerini incelemeye başlamadan önce, bu terimle neyin kastedildiğini kavramak yerinde olacaktır.

İlk kuşak bilgisayarları, 2.Dünya Savaşı'ndan hemen sonra ortaya çıktılar. Bunlar büyük çapta radyo lambaları (triyot, pentod vs.) kullanıyordu. 1946-1956 yılları arasında geliştirilen bu bilgisayarlar, büyük ha-

cımlı, çok yavaş ve bugünkü ölçülere göre ilkeldiler. Eniac ve Univac, bu ilk kuşak bilgisayarlarından idiler. 1950'lerde transistorun keşfi ile, devrelerinde transistörlerin kullanıldığı ikinci kuşak bilgisayarları ortaya çıktı. Ancak bunlar gene de, gerek donanım gerekse yazılım açısından, bilgisayarların gelişme sürecinde oldukça ilkel bir aşamayı temsil ediyorlardı. 1957-1963 arasında geliştirilen ikinci kuşak bilgisayarları arasında, IBM 7094 ve CDC-6600 modelleri sayılabilir.

Tümleşik (entegre) devrelerin (IC) geliştirilmesi sonucunda, 1964-1981 yılları arasında üçüncü kuşak bilgisayarları ortaya çıktı. Bugün bilinen bilgisayarların çoğu bu türdendir. IBM 360, IBM 370 anabilgisayarları, VAX 11/780 ve PDP-11 minibilgisayarları, Cray 1 ile Cyber 205 süperbilgisayarları bu kuşaktandırlar.

1982'den itibaren bilgisayarlarda, teknolojisi 1970'lerde geliştirilmiş olan büyük çapta tümleşik (LSI) ve çok büyük çapta tümleşik (VLSI) devreler kullanılmaya başlandı. 1989'a kadar sürmesi beklenen bu kuşakta Cray XMP, IBM 3080 ve Amdahl 580 gibi yüksek performanslı bilgisayarlar vardır.

1990 yılından itibaren devreye girmesi beklenen 5. Kuşak bilgisayarları, gerçi çok yüksek hızlarda çalışabilen donanım gerektirecektir. Fakat beşinci kuşağı önceki dört kuşaktan ayıracak olan temel özellik, daha önceki kuşakların temel donanım yapı birikimlerindeki değişimlerle belirlenmiş olmasına karşılık, yeni kuşak bilgisayarlarının yazılım gelişmeleri ile belirlenmeleri ve en önemlisi, "yapay zekâ" sahibi olmalarıdır.

YAPAY ZEKA

Başlı başına bir bilim dalı olan yapay zekâ konusunda, burada ancak özet bilgi verebilmek durumundayız. Yapay zekâ denilince akla, insan gibi algılayabilen, düşünebilen, öğrenebilen, mantık yürütebilen ve yargılara varabilen makinalar gelmektedir. Bu sayılan öğelerin her biri, beraberinde büyük zorluklar getirmektedir. Yapay zekâ ayrı bir dal olarak ilk ortaya çıktığında, düşünebilen makinalar yapmanın fazla zor olmayacağı sanılmıştı. O zamanlar insan beyni, yapay zekâ uzmanı Marvin Minsky'nin deyişiyle, "aşırı gelişmiş bir bilgisayar" olarak görülüyor ve bilgisayarların, insanlarda görülen düşünce düzeyine kısa sürede çıkabilecekleri düşünülüyordu. Nitekim bilgisayarlar için "elektronik beyin" deyiminin kullanılması, o tarihlerden kalmaz.

Ancak işin derinliklerine inildikçe, konunun ve beraberinde getirdiği sorunların o kadar kolay çözülemeyeceği anlaşıldı. Her şeyden önce insanın nasıl algılandığının, öğrendiğinin ve düşündüğünün tam olarak anlaşılmadığı görüldü. Bu yüzden, yapay zekâ denildiği zaman "zekâ" sözcüğünün tırnak içinde olduğu düşünülmemelidir. Aslında bu tartışmalı bir konu olmakla

birlikte, gelecekteki bilgisayarların "kavrama" yeteneği olacağından çok, insandaki anlama ve mantık yürütme süreçlerine benzer şekilde çalışmak için programlanacaklarını söylemek daha doğru olur. Bu programların çok ileri düzeyde gelişmiş programlar olmaları gerektiği açıktır. Bu açıdan bakıldığında "akıllı" bir bilgisayar, konuşulanları "anlayabilmeli", yani konuşma yoluyla verilen bilgiyi alıp işleyebilmeli ve komutları yerine getirebilmelidir; "işitip görebilmeli", yani ses ve ışık yoluyla (örneğin bir mikrofon ve televizyon kamerası ile) bilgi alabilmelidir; alınan bilgileri mantık kurallarına göre işleyerek, sorunları çözebilmelidir; sonunda da gene konuşma ve görüntüleme yoluyla, vardığı sonuçları insanlara aktarabilmelidir.

JAPONLAR NE YAPMAYA ÇALIŞIYORLAR?

Japonları 5. Kuşak Projesi'ne ileten etken, yukarıda sayılanların hepsi önemli olmakla birlikte, özellikle konuşulanları "anlayabilen" bir bilgisayar yapma çabaları olmuştur. Bugün artık ses sentezcileri yoluyla konuşan bilgisayar yapmak, büyük bir sorundur. Buna karşılık bir bilgisayarın konuşulanları anlayabilmesi, henüz çözümden çok uzakta bulunan, çok zor bir sorundur.

Japonların neden, konuşulanları anlayabilen bir bilgisayar üzerinde bu kadar durduklarını anlayabilmek için, önce neyi amaçladıklarını anlamamız gerekiyor. Toplum bilimciler genellikle toplumların evrimini, "tarım toplumu", "endüstri toplumu", "bolluk ya da refah toplumu", "endüstri-ötesi toplum" gibi başlıklar altında sınıflandırır. Bazı toplum bilimcilerine (ve özellikle Daniel Bell'e) göre bugün gelişmiş ülkeler, artık endüstri-ötesi toplum aşamasına geçmektedirler. Buna paralel olarak bilgisayarlar, çıktıkları günden bugüne dek, toplum içinde giderek artan görevler yüklenmişlerdir. Bilgisayarların 20 yıl gibi kısa bir süre öncesine kadar önemleri pek sınırlı iken, bugün trafik yönetmekte, maaş çeklerimizi basmakta, faturaları düzenlemekte, enerji şebekelerini denetlemektedirler. Bu gelişmenin hangi doğrultuda ilerlemekte olduğu, kişisel bilgisayarların hızla yayılmasından ve "herkese bir bilgisayar" anlayışının yerleşmesinden anlaşılabilir.

Amerikan Savunma Bakanlığı'na bağlı İleri Araştırma Projeleri Ajansı (DARPA) bilgisayar şefi Robert E. Kahn, "Bilgi işlem alanına egemen olan ulus, yirmi birinci yüzyılda dünya önderliğinin anahtarlarını elinde tutacaktır" demektedir. Japonların kendileri ise şöyle demektedirler : "Artık daha gelişmiş ülkelerin peşinden koşmak zorunda değiliz. Bu öncü alanda yatırım yapmakla bir ekonomik güç olarak görevimizi yerine getirebiliriz."

Gerçekten de, teknolojiye en önde gelen ulusun, dünya çapında etkinliğe sahip olacağı kuşkusuzdur. Ama

Japonların çabasını, yalnızca dünya birinciliğini ele geçirmek için girişilen bir yarış olarak değerlendirerek, onların gerçek hedefini gözden kaçırmak olur.

Japonlar, bilgisayarların toplumun her kesiminde ve yaşamın her düzeyinde yaygın olarak kullanımını, endüstri-ötesi toplumun belirleyici özelliği olarak saptamış bulunmaktadır.

ENDÜSTRİ-ÖTESİ TOPLUM

Endüstri toplumu, büyük çapta makinalaşma ile belirlenmişti. Yaygın makinalaşma, endüstri toplumunun insanını, kol emeğinin birçok zorluğundan ve angaryasından kurtarmıştı. Benzer şekilde endüstri-ötesi toplumda, bilgisayarların insanları, kafa emeğinin angaryalarından kurtarmaları beklenmektedir. Daha şimdiden cep hesap makineleri, bakkallara kadar yayılmıştır. Gelecekte ise bilgisayarların insan yaşamıyla çok daha derinden bütünleşecekleri umulmaktadır. Teknolojik bakımdan ileri derecede gelişmiş bir toplum, giderek artan ölçülerde bilgi üretimine ve alışverişine gerek duymaktadır ve bu alışverişin yükünü, gelecekte bilgisayarlar taşıyacaklardır.

Son yıllarda bilgisayarlar ve elektronik dallarında yer alan aşağıdaki gelişmeler, endüstri-ötesi topluma ne yoldan varılacağı konusunda birer gösterge teşkil etmektedirler :

1. Mikro İşlemciler otomobillerden çamaşır makinelerine kadar birçok karmaşık işlemi denetleyen araçlar olarak yaşamımıza girmişlerdir.
2. Kişisel bilgisayarlar evlerin elektrik faturalarından, ev hanımlarının yemek tarifelerine kadar çeşitli gündelik işlerde kullanılmaya başlamışlardır.
3. Robotlar endüstride tekdüze işleri yapmaktan, evlerde hizmetçiliğe varncaya dek geniş bir kullanım alanı bulmaktadırlar. (Japonların "Robotik" konusunda ne kadar ileri oldukları bilinmektedir; Japon endüstri bakanlığı MİTİ, önümüzdeki sekiz yılda gelişmiş robot projesi için de 100 milyon dolar ayırmış bulunmaktadır.)

Özellikle 1. ve 3. maddelerin ışığında, insanlara gereksinmesi olmayan otomatik fabrikalar, giderek düş olmaktan çıkmaktadır. Bugün bile bazı fabrika ve rafinerilerde insanlar, sadece denetçi sıfatıyla bulunmaktadır. Kuşkusuz, bir fabrikanın tekdüze bir şekilde aynı ürünü yapması anlamlı değildir. Ama şimdi geliştirilmekte olan "Esnek Üretim Sistemleri" (EÜS) ile, bilgisayarlar sayesinde değişik ürünlerin yapılması da mümkün hale gelecektir.

Bütün bu gelişmelerin varacağı sonuçlar, bugün ilgili çevrelerde tartışılmaktadır. İnsanlık, belki de *madde- sel sorununu çözmek üzeredir*; belki insanların artık çalışmasına gerek kalmayacak, ya da çok az çalışma-

ları yeterli olacaktır. Ama insanlar o zaman ne ile uğraşacak, boş zamanlarını nasıl değerlendireceklerdir? Robotların işsiz bıraktığı emekçilerin durumu ne olacaktır? Bu ve benzeri sorular, endüstri-ötesi toplumun otomatikman "cennet" demek olmayacağını göstermektedir. Ancak Japonlar, artık bu toplumun eşliğindedirler ve Amerikalılarla birlikte teknolojiadaki önderlikleri, bu toplum biçimini ilk kez onların yaşayıp sınavacakları anlamına gelmektedir. Ve bugünkü gelişmelerden yapılabilecek doğrusal üretim, gelecekte bilgisayarların ve robotların insan yaşamıyla daha da bütünleşeceğini ortaya koymaktadır.

İşte Fuchi'nin de belirttiği gibi, Japonya'daki düşünün beyinlerin 5. Kuşak Projesini desteklerken asıl düşünceleri, yeni bir toplum ve yeni bir kültür oluşturmak olmuştur. Şimdiye kadar başkalarını örnek almış olan Japonlar, bundan böyle dünyaya örnek alınacak bir modeli kendileri vermek istemektedirler.

Bu toplum, bir "bilgi toplumu"dur. Gerek bilimsel ve teknolojik ilerlemenin dev boyutlara varması, gerekse insanların artan boş zamanlara sahip olmaları, daha şimdiden gelişmiş ülkeleri, "mal üreten" toplumlar olmaktan daha önemli olarak "bilgi üreten" toplumlar haline getirmiştir. Uygurlık ve gelişmişlik artık, üretilen bilgi miktarı ile ölçülmektedir. Bu bilginin üretimi, işlenmesi ve aktarılması gelecekte çok yoğun bir düzeye ulaşacak, endüstri-ötesi toplumun bu özelliği, ancak yaygın bilgisayar kullanımı ile ayakta tutulabilecektir. Japonlar, bu toplum biçiminin prototipini sınavıp tecrübe etmek ve "çağdaş uygarlık düzeyinin üstüne çıkan" ilk toplum olmak emindedirler.

DİL SORUNU

Endüstri-ötesi toplumda bilgisayarların, gündelik yaşamın her aşamasında kullanılacaklarını görmüş bulunuyoruz. Ancak, bu noktada ortaya bir sorun çıkmaktadır : Bugün bilgisayarlar, herkes tarafından kullanılamamaktadır. Bilgisayarlar, ancak Pascal, Fortran gibi özel dillerle programlandıkları zaman insanlara hizmet verebilmekte, hatta bilgisayar programcılığı ayrı bir meslek dalı oluşturmaktadır. Oysa bilgisayarların herkes tarafından kullanılabilmesi için, gündelik konuşma dilinden "anlar" hale gelmeleri gerekmektedir.

Dil sorunu, Japonlar için ayrı bir önem taşımaktadır. Bugün bütün yüksek düzeyli bilgisayar dilleri, temelde İngilizce'ye dayalıdır. Oysa bütün Japonlar, İngilizce bilmemektedirler. Üstelik, programlama, Japon dilinde yapılsa da, sorun çözümlenmiş olmamaktadır. Çünkü Japonca'nın yazısı, son derece karmaşıktır ve Türkçe'nin 29 harften oluşması gibi basit bir temele ve az sayıda daktilo tuşuna indirgenememektedir. Japonca,

M.S. 5. yüzyıla kadar salt bir konuşma dili olarak gelişti. Bu tarihte Japonlar, resmi yazı biçimleri olarak Çin karakterlerini benimsemeye karar verdiler. Kanji denilen bu karakterler, "ideograf" niteliğindedirler. Yani bir kavramı bir şekille, kaba bir örnek verecek olursak bir kaplanı, kaplan resmi ile "yazmak" kökenine dayanmaktadır. Kuşkusuz bu yazının evrimi, sonradan aslına benzemeyen, çok soyut şekiller türetmiştir. Bu yüzden öğrenilmeleri çok zor olduğu gibi, Japonca da aslında kanji'ler için elverişli bir dil değildir. (Bu nedenle Japonlar, pek yaygın olmayan başka yazı çeşitleri de kullanmaktadırlar.) Fakat en büyük zorluk, bugün Japonca'daki kanji'lerin sayısının neredeyse elli bin olmasından ileri gelmektedir. (Lise öğrencileri, 1946'dan beri bunların yalnızca 2000'ini öğrenmek zorundadırlar.) Bilgisayarlara giriş yapabilmek için basitleştirilmiş kanji'ler oluşturacak yüzlerce tuşlu bir daktilo klavyesi ise, mevcut olmakla birlikte, hiç pratik değildir. Bu nedenle yazılı Japonca, neredeyse konuşma hızına yakın giriş yapılabilmesini sağlayan Avrupa kökenli dillere oranla çok zor bir durumdur, öte yandan bugün bizim Türkçe'yi terk edip Esperanto'yu öğrenmemiz ne ölçüde mümkünse, Japonların Kanji'yi bırakmaları da o ölçüde mümkündür.

Oysa Japonlar konuşma ile programlanan bir bilgisayar yapabilseler, durum tersine dönecektir. Çünkü fonetik açıdan Japonca, Avrupa dillerinden çok daha basittir; yapısı, bir sessiz ve bir sesli harften oluşan hecelere dayanmaktadır. Sesli ve sözlü programlamada Japonlar, önemli bir üstünlüğe sahip olacaklardır.

İşte bu nedenlerden ötürü Japonlar, konuşulanı "anlayan" bilgisayar üretimini temel bir hedef olarak ilan etmişlerdir. ICOT'un 1990'lar için amaçladığı somut gelişmeler arasında şunlar vardır:

- 10.000 sözcükten oluşan bir kelime hazinesi bulunan ve yüzlerce insanın farklı ses tonlarını "anlayabilecek", konuşmaları otomatik olarak yazacak bir daktilo makinası,

- 100.000 farklı resmi ayırdedebilen, böylece kanji'leri rahatlıkla 'seçebilecek' bir optik tarayıcı,

- 100.000 sözcüklü bir kelime dağarcığı olan ve % 90 doğrulukla Japonca yazıyı başka temel dillere çevrilebilecek bir otomatik çeviri makinası. (Geri kalan % 10, insanlar tarafından sağlanacaktır.)

Hızla ilerleyen bilgisayar teknolojisi için bile bu, devrimsel bir programdır. Bu amaçlardan birini bile gerçekleştiren bir makina bir anda piyasaya egemen olabilecektir. Hepsini birden gerçekleştiren ülke ise, bil-

gisayar alanında tartışmasız birinciliği ele geçirecektir.

REKABET KIZIŞIYOR

Japonların Beşinci Kuşak Projesi, diğer batılı ülkelerde de benzer çabaların yoğunlaşmasına yol açtı. Teknolojide dünya önderliğini kaptırmak istemeyen Amerika Birleşik Devletleri, aynı anda birkaç programla Japonya'ya karşılık verdi. Avrupa'da ise tek başına böyle bir program başlatan tek ülke, İngiltere oldu. Diğer Avrupa ülkeleri, Avrupa Ekonomik Topluluğu'nun ortak programı "Esprit" (Araştırma ve Bilişim Teknolojisinde Avrupa Stratejik Programı) bünyesinde güçbirliği yoluna gittiler. Fransa hükümeti kendi başına bir ulusal bilişim teknolojisi programı başlatmayı birkaç yıldan beri düşünüyordu, fakat bu konuda henüz kesin bir adım atılmış değildi.

Amerika Birleşik Devletleri'nde Japonya'nın atılımı başlangıçta endişe verici olarak görüldü. Daha sonra ise rekabet ruhunun bu şekilde kamçılanması, birkaç farklı tepki doğurdu. Ancak bu tepkilerin hepsini tüm olarak Japon etkisine bağlamak, yanıltıcı olur; çünkü Amerika zaten bu doğrultuda çalışmalara başlamış bulunuyordu. Ayrıca tepki, Japonya'nın durumunda olduğu gibi doğrudan doğruya bir hükümet projesi olarak gelişmedi: Daha çok Amerikan endüstrisinin bir yanıtı şeklinde oldu.

Japon projesine ABD'nin en önemli tepkisi sayılabilecek Mikroelektronik ve Bilgisayar Teknolojisi şirketi (MCC), Eylül 1983'te çalışmalarına başladı. 13 şirketin katılımıyla oluşturulan bu şirket, amiral Bobby Ray inman'ın yöneticiliğine teslim edildi.

MCC doğumunu, Control Data bilgisayar şirketinin kurucusu ve şimdiki yöneticisi olan William Norris'e borçluymuştu. Norris, Amerika'daki dev bilgisayar şirketlerinin bile çeşitli bilgisayar araştırma dallarında yetersiz kaldıkları gözleminde yola çıkarak, çeşitli bilgisayar ve mikroelektronik firmalarının güçbirliğine gitmeleri için çaba gösterdi. Sonuçta MCC girişimine Advanced Micro Devices, Allied, Control Data, Digital Equipment Corp. (DEC), Norris, Honeywell, Martin-Marietta, Mostek, Motorola, NCR, National Semiconductor, RCA ve Sperry Computer Systems firmaları katıldılar. IBM ve ATT firmaları ise hükümetin tekel-karşıtı girişimlerde bulunmasından çekindikleri için MCC'ye katılmadılar. İlk yılında 50 milyon dolarlık bir çalışma bütçesiyle işe başlayan MCC'nin başına İnman'ın getirilişi de, önemli bir adım teşkil ediyordu. Daha önce Savunma İstihbarat Ajansı (DIA) ve Ulusal Güvenlik Ajansı (NSA) başkanlık görevleriyle Merkez İstihbarat Ajansı (CIA) başkan vekilliğini üstlenmiş olan İnman, zor görevlerin altından kalkmayı başarmış usta bir bürokrattı. Ayrıca Kongre tarafın-

dan sevilen bir kişi olarak, MCC ile hükümet arasında bağlantıyı kuruyordu. Ancak Japonya'daki eşdeğeri olan Fuchi gibi bir mühendis ve teknokrat değildi.

MCC, araştırmalarını şu dört ana dalda başlattı :

- Mikroelektronik paketleme,
- Yazılım teknolojisi,
- Bilgisayar yardımıyla tasarım ve üretim (CAD/CAM),
- İleri bilgisayar yapıları.

Bunlardan CAD/CAM çalışmaları, çok kısa bir sürede ürün vermiş bulunmaktadır. Yüzbin transistör "Bir-aylık yonga"lar bugün artık yapılabilir ki bu, gelecekte on milyon transistör bir yonganın ilk düşünülüşü ile fabrikada üretilmesi arasında yalnızca bir ay geçeceği anlamına gelmektedir. MCC'nin diğer araştırma çalışmaları ise çok daha uzun dönemlidir ve zaten şirket, kısa vadede kazanç sağlamayı beklenmektedir.

Yakın tarihlerde kurulmuş olan diğer iki araştırma grubu, Kuzey Carolina eyaletindedir. Bunlardan Yarı-iletken Araştırma Kooperatifi (SRC), yarı-iletken endüstrisinin önderlerinden 23 şirketin işbirliği ile kurulmuştur ve beş araştırma alanını kapsamaktadır: Mikroyapı bilimleri, sistem parçaları, tasarım aygıtları, yeni üretim yaklaşımları ve yeni mühendislik yaklaşımları. Kuzey Carolina Mikroelektronik Merkezi (MCNC) ise MCC ve SRC'nin çalışma alanlarını tamamlayıcı nitelikte olup, dikey yönde tümleşimli bir VLSİ tasarım sistemi, hızlı şekilde prototip üretimi ve ileri silisyum dilimi ("wafer") üretimi alanlarında çalışmalarını yürütmektedir. SRC ve MCNC, endüstri ve üniversite işbirliğini sağlamaya yönelik olup, belli programlar çerçevesinde üniversitelere fon aktarımını gerçekleştirmektedirler. Dört şirketin katkılarıyla kurulan Mikroelektronik ve Bilişim Bilimleri Merkezi (MISC), devlet desteğinin de sağlandığı diğer bir araştırma kooperatifidir.

Bu girişimlerin yanı sıra, devlet ve özel sektörlerin üniversite çatısı altında işbirliği yaptıkları bir kuruluş, Stanford Üniversitesi Tümleşik Sistemler Merkezi'dir. Bu kuruluş üniversite, endüstri ve hükümetin ortak katkıları ile çalışmaktadır. Başlıca ilgi alanları, bilgi-tabanlı VLSİ tasarımı, VLSİ bilişim sistemleri, VLSİ bilgisayar sistemleri, tümleşik devre süreç modelleri ve yarı-iletken üretimi ile fiziği gibi konuları kapsamaktadır.

Son olarak, sivil nitelikli olmayan, fakat önemi ve yatırım hacmi açısından belki de ilk sırada sayılması gereken, Pentagon'a bağlı Savunma İleri Araştırma Projeleri Ajansı (DARPA) gelmektedir. Bu kuruluş tek başına, günümüzde bilgisayar teknolojisinin görünümünü dünyadaki diğer bütün kuruluşlardan daha çok et-

kilemiştir. Son 20 yıldır DARPA, bilgisayar araştırmalarına yarım milyar dolar yatırmış ve yapay zekâyı inceleyen bilim dalının doğmasına yol açmıştır. 1964 yılında yapılan bir süperbilgisayar, bir DARPA projesi idi. Bilgisayarlarda zaman bölüşümü, DARPA'nın fon sağladığı araştırmalardan doğdu. Hem ev bilgisayarlarında, hem video oyunlarında, hem de F-16 savaş uçaklarının pilot kabinlerinde kullanılan bilgisayar grafiği de, DARPA'nın desteğinde geliştirilen bir buluştur.

DARPA'nın yeni programı, 1990 yılına kadar 1 milyar dolara yakın yatırım gerektirecek olan, askeri amaçlı süper-zeki bilgisayarlar geliştirmeyi hedef almaktadır. Bu aygıtlar insanlara benzer şekilde görme, akıl yürütme, planlama ve hatta arazideki karmaşık silah sistemlerin eylemlerini yönetme gibi yeteneklere sahip olacaklardır. İnsanlarla konuşma yoluyla anlaşabilmeleri öngörülmektedir. DARPA'nın diğer çalışmaları arasında, fırlatıldıktan sonra başka ilgiye gerek kalmadan hedefi arayıp bulan "akıllı" füzeler, uçaklarda pilotun görevlerinin çoğunu devralacak "teknisyen" bilgisayarlar ve dünyanın çeşitli yerlerine gönderilebilecek akıllı robot aygıtları (insansız uçaklar, denizaltılar ve kara araçları) vardır. Bütün bunlar, bazı açılardan Japonlarınkinden bile daha iddialı sayılabilecek bir projenin parçalarıdır.

İngiltere'nin Alvey araştırma geliştirme (ar-ge) programı ise, beş yıllık ömrü boyunca 500 milyon dolar harcanmasını öngörmektedir. Yatırımlar, endüstri ve hükümet tarafından ortaklaşa karşılanacaktır. Ayrıca, AET'nin ortak programı Esprit'e de katılmakta olan İngilizler, kendi programlarını Esprit'i tamamlayacak biçimde tasarlamaktadırlar.

Adını British Telecom'un genel müdürü olan John Alvey'den alan İngiliz programı, doğrudan doğruya Japon girişimine bir tepki olarak doğmuştur. Ekim 1981'de Japonya, beşinci kuşak bilgisayar programı için davetiyeler gönderince, İngilizler bir uzman ekibiyle görüşmelere katıldılar. Ekibin vardığı sonuç, Japonların dünya bilişim teknolojisi endüstrisine meydan okudukları ve buna karşılık verebilmek için, Japonların yaptığını yapmak gerektiği doğrultusunda idi. Ancak Japon programı, İngiltere'nin koşullarıyla uyum sağlayacak şekilde değiştirildi. Kendi geleneksel araştırma örgütlerinin yanı sıra İngilizler, Japon MİTİ ve İCOT'u ile, Amerikan DARPA'sından da esinlendiler.

Elektronik ve bilgisayar dallarında Avrupa, her geçen yıl ABD ve Japonya'nın daha gerisinde kalmaktadır. Avrupa Ekonomik Topluluğu (AET) tarafından başlatılan Esprit programı, bu eğilimi tersine çevirmeyi amaçlamıştır. İlk kalemde beş yıllık bir süre zarfında

yaklaşık 1,5 milyar dolarlık bir yatırım öngörülmüştür. Esprit örgütünü Japon MİTİ ve Amerikan MCC gibi kuruluşlardan ayıran başlıca özellik, uluslararası bir nitelik taşımasıdır. Çeşitli firmaları, üniversite araştırma laboratuvarlarını ve devlet dairelerini bünyesinde toplayan Esprit'in 12 ana kurucu şirketi, İngiltere'den General Electric Co. (GEC), International Computers Ltd. ve Plessey; Fransa'dan CGE, Machines Bull ve Thomson Brandt, Almanya'dan AEG-Telefunken, Nixdorf Computer ve Siemens; Hollanda'dan Philips; İtalya'dan da Olivetti ve STET'dir.

Esprit'in uzun dönemli planı, beş dalda araştırmayı öngörmektedir: İleri mikroelektronik, yazılım teknolojisi, ileri bilgi-işlem, büro otomasyonu ve bilgisayar-tümleşimli esnek üretim. Mikroelektronik dalında Esprit, Amerikan Savunma Bakanlığı'nın başlattığı çok Yüksek Hızlı Tümleşik Devreler (VHSİC) programı gibi, bir mikrometreden (mikron) daha küçük devreler yapılmasını hedef almaktadır. Yazılım teknolojisinde amaç, yazılım hazırlanmasını otomatikleştirmektir. İleri bilgi-işlem sistemleri, konuşma ve görüntü gibi yollarla insan-makina iletişimini kolaylaştırmaya yarayacaktır. Büro otomasyonu, bir iletişim ağı içinde çalışma terminallerini, ses, yazı ve görüntüleri bugün olduğundan daha ileri bir düzeyde bütünleştirme amacını gütmektedir. Bilgisayar-tümleşimli esnek üretim sistemleri, bilgisayar yardımıyla tasarım, bilgisayar yardımıyla üretim, bilgisayar yardımıyla sınamaya ve ortak bir veri tabanı yoluyla tamir ve montaj alanlarını kapsamaktadır.

Bu dallar içinde mikroelektronik ve bilgi-işlem, en büyük ağırlığı taşımaktadır ve Esprit'in fonları, büyük ölçüde bu alanlara akacaktır. Bilgi-işlemde hedef, veri işleyen sistemlerden bilgi işleyen sistemlere geçmektir.

Görüldüğü gibi Japon projesi; ABD, İngiltere ve AET'den tepki görmüştür. Bütün bu ülkeler, araştırmalarını az çok aynı olan hedefler üzerinde yoğunlaştırmış bulunmaktadırlar. Sovyetler Birliği de diğer Doğu Avrupa ülkeleri ile ortak bir beşinci kuşak programı üzerinde çalışmaktadır. Ancak Batılı uzmanlar, bu iş için ayrılan kaynakları yeterli bulmamaktadırlar.

GELECEĞİN ÇEHRESİ

Japonlar, 5. kuşak bilgisayarlarının, yaşamımızın bütün yönlerini etkileyeceğini söylemektedirler. Yer alacak değişim ve gelişmeler, aşağıdaki on başlık altında incelenebilir.

1. Endüstri Otomasyonu

Son on yılda bilgisayar yardımıyla tasarım (CAD), bilgisayar yardımıyla üretim (CAM) ve endüstri robotları kullanan şirketlerin sayısında hızlı bir artış görülmüş-

tür. Aynı dönemde CAD, CAM ve robotları tek bir çatı altında bütünleştirerek, tamamen otomatikleşmiş fabrikalar kurma konusunda birkaç araştırma yapılmıştır. Robotlar için yapılan algılama aygıtlarında önemli gelişmeler sağlanmıştır. Bunlar arasında bilgisayarlı görme sistemleri sayılabilir. Robotları denetlemek için kullanılan yüksek-düzeii programlama dillerinde de gelişmeler olmuştur.

Yeni kuşak bilgisayarları, bu parçaları tümleştirerek yüksek düzeyde otomatikleşmiş fabrikaları mümkün kılacaklardır. Bugünün endüstri robotları yalnızca, aynı ürünün birkaç ay hiç değiştirilmeden üretildiği ortamlarda (örneğin otomobil sanayiinde) kullanılabilir. Yeni kuşak bilgisayarlarıyla CAD, CAM ve yüksek düzeyli robotlar programlama dilleri, küçük hacimli üretimlerin de otomatikleşmesini sağlayacaktır. Robotlar ve robotlarla güdülen araçlar, nükleer reaktör endüstrisi gibi tehlikeli ortamlarda ve tehlikeli malzeme taşımada da kullanılabilirlerdir.

2. Büro Otomasyonu

Amerika'da daha şimdiden bürolarda elektronik kütükleme (kayıtları bilgisayar ortamında saklama) ve sözcük işleme (mektup, doküman ve yazıları bilgisayar yardımıyla hazırlama) son derece yaygınlaşmıştır. Aynı şekilde elektronik mektuplar, takvimler, müsveddeler ve veri tabanı yönetim sistemleri, hızla yayılmaktadır.

Yeni kuşak sistemleri, büronun elinden geçen her tür bilginin bütünleşmesini, saklanmasını ve çağırılmasını sağlayacaklardır. Gerçekte bunun teknolojisi, şimdiden geliştirilmiş bulunmaktadır. Yapılacak olan, parçaların sistemler halinde bütünleştirilmesidir. Bu parçaların arasında uzmanlaşmış veri tabanı işlemcileri, veri tabanına bilgi girişi için elektronik kameralar ve görüntülere, grafiklere ve yazılara erişim gösterimlerini sağlayacak "akıllı" bilgisayar terminalleri vardır.

Ancak yeni kuşak bunların da ötesinde, kullanıcısının sesli çıkışla ve doğal dil işleme yoluyla bilgisayarı kullanabilmesini sağlayacaktır. Uzman sistemler, bilgisayar sistemlerinin nasıl kullanılacağı konusunda yardımcı olacak ve gerekli bilgilere erişilmesini sağlayacaklardır. Ayrıca sayısallaştırılmış ("digitized") konuşmalar sayesinde telefon sistemi, bilgisayarlarla bütünleştirilecektir. Gerek bölgesel bilgisayar ağları, gerekse büyük uzaklıklarla sayısal iletişim, elektronik mektuplaşma ve dünyanın çeşitli yerleriyle telekonferans bağlantısı kurma, yeni kuşak bilgisayarlarıyla daha da yaygınlaşacaktır.

3. Bilim ve Mühendislik

Yeni kuşak bilgisayarları, bilimsel çalışmalarını bugüne oranla çok daha yaygınlaştıracak ve kolaylaştıracaktır. Bugünün süperbilgisayarlarının bile çözümünde yeter-

siz kaldıkları bazı bilimsel çalışmalar vardır. Bir bilgisayar, çözülecek sorunun yalnız bir durumu için bile 10 saat çalışmak zorunda kalmaktadır. Süperbilgisayarlarda çözümü 500-1000 saat sürecek sorunlar bilinmektedir. Bu zor konular arasında aerodinamik, meteoroloji ve nükleer enerji vardır. Bir uçağın aerodinamik özelliklerini sağlıklı bir biçimde saptayabilmek, hesaplanan nokta sayısını bugünün olanakları ötesinde çoğaltmayı gerektirmektedir. Hava tahmin raporları, yerküre üzerinde milyarlarca noktadan ölçüm almayı ve elde edilen verilerin işlenmesini gerektirmektedir. Nükleer santrallerde çok sayıda değişkenin varlığı, bu santraller için bilgisayar arza çözümlemesini zorlaştırmaktadır. Başka zor konular arasında nükleer füzyon (birleşim) ve plazma fiziği, uydulardan gelen görüntüleri işleme, üç-boyutlu sistemlerin yapısal çözümlemesi vs. sayılabilir.

Yeni kuşak bilgisayarları, bu sorunların çözülebilmelerini sağlayacaklardır. Gerçek zamanda bilgisayar bağlantılı ölçme aygıtları tarafından toplanan veriler, küçük bilgisayarlardan oluşan dev bir ağ içinde süzülükten sonra büyük çaptaki paralel işlemcilerde çözümlenecektir, örneğin uzaktaki istasyonlardan toplanan sismik veriler değerlendirilerek, depremlerin önceden tahmin edilmesi mümkün olabilir.

Bundan başka bilgisayarların birbirlerine bağlanmasıyla oluşturulacak ağlar, bir bilim adamının odasından çıkmadan başka bilim adamlarıyla bilgi ve görüş alışverişinde bulunmasını sağlayabilecektir. Uzman sistemler, daha şimdiden bilimsel çalışmalara katkıda bulunmaktadır. Mühendislik çalışmalarında ise çok gelişmiş CAD sistemleri, mühendislik tasarımlarını kolaylaştıracaktır.

4. Bilgisayar Donanımı ve Yazılımı

Yeni bilgisayarlar, kendilerinden sonraki (6.) bilgisayar kuşağının gelişmesinde yaygın olarak kullanılacaktır. Yüksek-düzeyle elektronik devre ve mantık dilleri, bilgisayar donanım mühendislerinin verimini arttıracaktır. ABD'de birkaç proje, VLSİ tasarımını desteklemek üzere büyük çapta paralel işlemcileri, CAD ve uzman sistemleri birleştirmeye çalışmaktadır. VLSİ'nin sağladığı karmaşıklık düzeyi, devre tasarımındaki bu karmaşıklığa egemen olabilmek için otomasyonu gerektirmektedir.

öte yandan yazılım konusunda önemli gelişmeler beklenmektedir. Bugüne dek yazılım, neredeyse donanımdan bile daha pahalı olabilmektedir. İlk hedef, yazılım fiyatını düşürmektir. Bu amaçla yazılım hazırlanması, sinanması ve bakımı için otomatik programlama destekleri geliştirilecektir. Otomatik programlama daha çok ilgi çekmektedir: Burada girdiler ve çıktılar belirlendikten sonra, çözümü sağlayacak program,

kendiliğinden hazırlanır. Her işte kullanılabilir bir otomatik programlama daha fazla araştırma gerektirmektedir. Ancak programcıların, standart program yapıtaşlarından oluşan bir kütüphaneyi kullanarak, kendi amaçları için gerekli program paketlerini derlemeleri daha yakında gerçekleştirilecek bir hedefdir. Yazılım dalındaki gelişmeler, bir programcının, birkaç paralel işlemcinin hepsini birden (ayrı ayrı uğraşmasına gerek olmaksızın) programlamasını da sağlayabilir.

5. Havacılık ve Uzay

Yeni kuşak bilgisayarlarda hava trafiğinin denetimi, pilotların gelen bilgileri değerlendirmeleri ve pilotsuz uçakların yönetimi gibi alanlarda kullanılabilirlerdir. Hava trafiğinin giderek artan yoğunluğu, artık ancak bilgisayarlarla idare edilebilecek düzeylere ulaşmıştır, öte yandan bugün en gelişmiş askeri ve sivil uçaklarda bilgisayarlar bulunduğu halde, pilotlar gene de çok miktarda veriyi kısa sürede değerlendirmek zorunda kalmaktadırlar. Ses tanıyan, sözlü yanıt verebilen ve uzman sistemler kullanan bilgisayarlar, pilotların bu yükünü büyük ölçüde hafifletecektir.

Pilotsuz araçların belki de en tanınmış örneği, seyir ("Cruise") füzeleridir. Burada bir bilgisayar, üzerinden geçilen arazinin görüntülerini, sürekli olarak, belleğinde saklı sayısallaştırılmış haritalarla karşılaştırarak füzelerin rotasında gerekli değişimleri yapmaktadır.

Öte yandan yeni kuşak, uydulardan gönderilen doğal kaynaklara ait verileri ve hava durumunu değerlendirmekte kullanılabilirlerdir. Diğer bir uygulama alanı ise uzay araştırmaları (gezegenlerin robotlar tarafından araştırılması) olacaktır.

6. Askerlik

ikmal ve destek lojistiği, stratejik ve taktik planlama gibi giderek karmaşıklaşan alanlarda yeni kuşağa büyük görevler düşecek, bunlar radar ve sonar verilerinin işlenmesinde, yeni silahların tasarımında ve askeri iletişimde kullanılacaklardır. Kendi kendini yöneten robot denizaltılar ve robot cephane taşıyıcıları, ABD Savunma Bakanlığı, tarafından düşünülmüş uygulamalardır, özgüdümlü katil robotlar ise, daha şimdiden yapılmış bulunmaktadır.

7. Perakende Satış ve Hizmet Endüstrileri

Müşteriler, evlerinde oturdukları yerden, istedikleri çeşitli ürünleri inceleyip satın alabileceklerdir. Müşterinin televizyonu, bilgisayarlı bir mal kataloguna bağlanabilecektir. Bu katalog, her ürünün yazılı, sesli, görüntülü ve grafikli tanıtımını yapmaktan başka sipariş alabilecek, faturalama, postalama ve yeniden sipariş işlemlerini gerçekleştirebilecektir. Müşterinin bankasıyla elektronik bağlantı kuran bilgisayar tabanlı ka-

talog, elektronik fon transferini sağlayacak, alım-satımlarda otomatik ödeme yapılması mümkün olacaktır. Diğer bir bilgisayar "kitabı", telefon rehberinin "meslekler" kısmına benzer şekilde, bir müşterinin belli bir ürünü yapan şirketi bulmasını sağlayacaktır. Kişilerden bağımsız olarak ses tanıma yeteneği, telefon yoluyla, sesli komut verip sesli yanıt almak suretiyle alışveriş yapılmasını sağlayabilecektir. Ayrıca seyahat planlaması, istek üzerine vergi ödeme konusunda bilgilerin, hava durumunun ya da haberlerin öğrenilmesi alanlarında yeni kuşağa görevler düşecektir.

8. Eğitim

Bugün Amerika'da eğitimin her düzeyinde bilgisayarlı eğitim sistemleri kullanılmaktadır. Ancak yeni kuşak, bu sistemlerin kullanımını çok daha geniş bir kütleye ulaştırabilecektir, öğrenci bilgisayarla sesli ve sözlü iletişim kurabilecek, günümüz ruhbiliminin verileri ışığında bilgisayar, öğretim yöntemini, alanını ve hızını öğrencisine göre ayarlayabilecektir. "Bilgisayar asistanları" ise çeşitli sorunların çözümünde özel bilgiler sunacaklardır. Bugün Massachusetts Teknolojisi Enstitüsü ve California Üniversitesi gibi kuruluşlarda böyle bilgisayar asistanlar, görev yapmaktadırlar.

9. Sağlık Hizmetleri

Buradaki uygulamalar, uzman sistemlerin kullanımını sürdürecektir. Tıptaki birçok sorunlar, uzman sistemlerin iyi becerdikleri, belirtiden tanıya geçme çözümlenmesini gerektirmektedir. Kan sayımı, idrar tahlili ve hastalık belirtilerinden yola çıkarak hastalık tanısı koymak, bugün de tıp dalındaki uzman sistemlerce başarılmaktadır. Doktorların ve sağlık hizmetlerinin kolay bulunamadığı yerlere gerekli bilgiler iletilebilecektir, öte yandan körler, sağır ve sakatlar için bilgisayarlı okuma makinaları, algılayıcılar, bilgisayar denetimli tekerlekli iskemleler ve robot kollar, bugünden geliştirilmeye başlanmış bulunmaktadır.

10. Sanat, Kültür, Eğlence

Son yıllarda hızla yayılan bilgisayarlı video oyunlarının, yeni kuşak sayesinde ses kazanması, üç boyutlu olması ve sözlü komutlara karşılık vermesi beklenebilir. Daha ciddi konularla ilgilenenler için tüm dünyanın kültür hazineleri, sayısal müzik kütüphaneleri ve sanat müzeleri halinde kullanıcının ekranına yansıtılabilir. Kullanıcı oturduğu yerden kalkmadan, çok uzakta bir kütüphaneden yararlanabilir, ya da bir hayvanat bahçesini gezebilir.

İŞİN TEKNİK YÖNÜ

Yukarıda sayılan ve daha başka uygulamalar, hangi teknik gelişmeler sayesinde gerçekleştirilebilecektir? Artık dikkatimizi, bu konu üzerine yoğunlaştırabiliriz.

Yazımızın geri kalan bölümünde, 5. Kuşak bilgisayarlarının teknolojisi konusunda bugün erişilmiş bulunan ya da uzmanlarca yakında erişilmesi beklenen düzeylerle ilgileneceğiz. Konu, üç ana başlık altında irdelelenebilir: Bilgisayar donanımı, bilgisayar yazılımı ve insanlarla bilgisayar makinaları arasında iletişimi sağlayan arabirimler. Bu üç ana başlık, birkaç alt başlığın biraraya gelmesiyle oluşmaktadır.

Donanım konusunu, bilgisayar yapıları ve bu yapıların yapı taşlarını oluşturan yongalar ayırdı içinde incelemek mümkündür. Yazılım, makinenin temel programlama dili ile, temel yazılım sistemleri biçiminde ayrılabilir. Arabirimler ise, bilgisayar işitmesi ve bilgisayar görmesi başlıkları altında ele alınabilir.

Ancak gözden uzak tutulmaması gereken nokta, bunların ayrı ayrı değil, her düzeyde iç içe konular olduklarıdır. Yeni bilgisayarların tasarımı, her konunun diğer konular ışığında ele alınıp geliştirilmesini gerektirecektir. Çünkü ortaya çıkacak sonuç, bir parçalar koleksiyonu değil, bu parçaların dikey yönde tümleşimi sayesinde, uyum içinde birarada çalıştıkları bir bütün oluşturmak zorundadır. Yeni kuşak bilgisayarlarının yapı taşları ile başlayabiliriz, incelememize.

I. DONANIM

ÇOK YÜKSEK ÇAPTA TÜMLEŞİM (VLSİ)

Denilebilir ki, Beşinci Kuşak bilgisayarlarının beden hücrelerini, çok yüksek çapta tümleşimli (VLSİ) yongalar oluşturacaktır. Daha şimdiden, 450 bin transistörle yongalar geliştirilmiştir. 5. Kuşak Projesi'nin gereksinimleri ise, 1-10 milyon transistörle yongalar düzeyindedir.

Son yıllarda bu alanlarda büyük ilerlemeler kaydedilmiştir. Bir yonganın üstünlüğü, bir yandan tasarımına, bir yandan transistör sayısına, diğer yandan da, transistörlerinin işlem hızına bağlıdır. Son iki öge, transistörlerin büyüklüğü, daha doğrusu küçüklüğü ile doğrudan doğruya ilintilidir.

ABD Savunma Bakanlığı'nca başlatılmış bulunan çok-yüksek-hızlı-tümleşik-devre (VHSIC) programı, birinci aşamada 1.2 mikrometrelik (mikron'luk) devrelerin gerçekleştirilmesini sağlamıştır. İkinci aşamada ise 0.5 mikrona inilmesi öngörülmektedir. Nitekim bazı ABD şirketleri, daha şimdiden 0.3-0.5 mikron düzeyine inmiş bulunmaktadır, öte yandan devre yapımında silisyum yerine galyum arsenür (Ga As) kullanılması, silisyumdan 10 kat hızlı devrelerin yapılabilmesini sağlayacaktır. Geliştirilmekte olan HEMT (ya da MODFET) transistörünü temel alan ve açma/kapama süresi 10 pikosaniye (Ipsn: 10^{-12} sn) olan devreler, GaAs ile daha şimdiden gerçekleştirilmiş bulunmaktadır. Büyük bir bilgisayarda bu, 50 psn'lik ge-

cikme demektir. Oysa günümüzde en hızlı bilgisayarlar, 500 psn'den fazla gecikmeye sahiptirler. Ga As'ın diğer iki üstünlüğü, fazla güç harcamaması ve ısımaya karşı dayanıklı ("sert") olmasıdır.

Ga As alanında sağlanan büyük başarılar, "Josephson Junction" adı verilen diğer bir teknolojiyi sahneden süpürüp atmıştır. Süperiletken nitelikli Josephson devreleri, çok düşük sıcaklıklarda çalışacak ve saniyede bir milyar işlem yapabilen bilgisayarların yapımında kullanılacaklardı. Ancak GaAs'ın hız açısından Josephson'a yetişmesi, bu teknolojinin başlıca araştırmacıları olan IBM'in ve diğer araştırmacıların programlarını iptal etmelerine yol açmıştır. Amerikalılar ve Japonların bu alandaki çalışmalarını sürdürmelerine rağmen büyük olasılıkla geleceğin bilgisayarları GaAs teknolojisi kullanacaklardır. Elektrik yerine ışık kullanan optik bilgisayarlar daha da büyük hızlara (1 trilyon işlem/sn) erişebileceklerdir. Ancak optik bilgisayarlar, henüz araştırma aşamasındadırlar. Belki de doğrudan doğruya optik teknolojiye geçilemeyecek, bir ara safha olarak önce elektrooptik bilgisayarlar yapılacaktır. Gerçek şudur ki, beşinci kuşak bilgisayarlarının gerek duydukları çok yüksek işlem hızı, optik yöntemlerle gerçekleştirilebilir. ABD Savunma Bakanlığı (Pentagon) optik bilgisayarlara özellikle ilgi duymaktadır. Çünkü uzay savaşını yönetecek olan bilgisayarlar, ancak optik yöntemlerle sağlanabilecek olan bir trilyon işlem/sn düzeyinde hızlar gerektirmektedir. Bu araçla holografik yöntemlerle çalışacak ve holografların değiştirilmesi, bu bilgisayarların yapılarının bir anda başka bir şekle sokulabilmesini sağlayacaktır. Proteinlerin molekül düzeyinde işlem yaptıkları "organik bilgisayarlar" ise, eğer geliştirilebilirlerse, bugünün bilgisayarlarından bir milyon kez daha hızlı olacaklardır.

Günümüzde elektronik devre büyüklüklerinin 0,25 mikron tabanına kadar indirilebileceği düşünülmektedir. Küçülmeye paralel olarak, bu küçüklükteki devrelerin üretilmesini sağlayacak teknoloji de geliştirilmektedir. Bu nedenle, söz konusu yongaların üretilmesi konusunda bir endişe yoktur. Sorun asıl yonga içindeki transistörlerin birbirine bağlantısı ile, yongaların birbirlerine nasıl bağlanacağı konusundadır. Yonga tasarımı bugün için yonga üretiminden daha önemli bir konudur. Bu amaçla otomatik tasarım (CAD) araçları geliştirilmektedir. Günümüzde otomatik yöntemler, tasarım konusunda insanlardan daha geridirler, çünkü genellikle yerleştirme sorununa tek bir yaklaşımı vardır. Bu nedenle tasarladıkları yongalar, insanlarınkinden daha büyük ve daha yavaş olmaktadır.

Yongalar arası bağlantı konusunda bir çözüm. Dilim düzeyi- tümleşimdir (WSİ). Dilim düzeyi tümleşimin

ne olduğunu anlayabilmek için, önce yonga üretiminin nasıl yapıldığına kısaca göz atmamız gerekiyor.

Normal olarak yongalar, yarı-iletken bir maddeden üretilirler. Bu, örneğin 10 cm çapında olabilen ve özel yabancı maddeler içeren bir silisyum 'salamı'dır. Su salam dilimlere ayrılır. Her dilim, yüzeyine metal devre tabakalarını işleyen aygıtlardan geçirilir. Bu işlem bittiğinde, dilimin yüzeyinde birçok yonga vardır: örneğin dilimde, Intel 8086 ayarında 50 mikroişlemci bulunabilir. Dilim, elmas bir testere ile kesilerek parçalara ayrılır ve böylece yongalar elde edilmiş olur. Daha sonra her yonga, çok-bacaklı birer "kara ambalaj" yerleştirilir ve gündelik yaşamda bu şekilde kullanılırlar. Ancak, bu yaklaşımın bazı sakıncaları vardır. Yongaları bu şekilde parçalayıp sonra yeniden birleştirmek, hem bacak sayısını arttırmak suretiyle sistem güvenilirliğini azaltır, hem de yongalar arasındaki bağlantılar, sinyalleri yavaşlatır, gürültüye yol açar ve fazla güç harcanmasına neden olur. Ayrıca yongalar daha çok yer kaplarlar: Bir yonga paketi, asıl yonganın 40 katı kadar büyüklükte olabilir. Buna karşılık dilim küçük yongalara bölüneceği yerde, bütün halinde tutulur, yongalar devre oluşturacak şekilde birbiriyle bağlantılı olursa, yukarıdaki sakıncalar önlenmiş olur. Buna "dilim düzeyi tümleşim" (WSİ) denmektedir.

WSİ, aslında yeni bir düşünce değildir. İlk WSİ ürünleri, 1964 yılında Texas Instruments şirketince yapılmıştı. Ancak o yıllarda hem üretim teknikleri az gelişmiş idi, hem de bu düzeyde bir tümleşim için istem (talep) yoktu. Bugün ise bu durum, tersine dönmüştür.

Bilgisayar dünyasının tanınmış ismi Eugene Amdahl, WSİ gelişmesini destekleyenlerden birisi olmuştur. IBM firması için 360 sistemini geliştirdikten sonra bu şirketten ayrılan Amdahl, "Amdahl" şirketini kurdu ve minibilgisayarlar arasında ayrıcalıklı bir yeri olan aynı isimli bilgisayarı geliştirdi. Daha sonra kurduğu "Trilogy" şirketinde Amdahl, WSİ yapılı bir ana bilgisayar tasarımı yaptı. Bu aygıt, IBM'in en gelişmiş modeli olan 3083 -J'den dört kez daha hızlı olacaktı. 4000 ayrı yonga yerine, 6x6 cm²'lik 40 dilimden oluşuyordu. Piyasadaki benzerlerinden % 50 daha ucuz olacak ve onların kapladığı alanın onda birini kaplayacaktı.

Ancak Ağustos 1984'te, Trilogy şirketi WSİ araştırmalarına son verdiğini açıkladı. O tarihe kadar yapılan dilimler, aslında çalışır durumda idiler, fakat fiyatları çok pahalı olacak ve geliştirilmeleri, uzun zaman alacaktı.

Yapılan ilk dilimler, çok düşük verimde idiler. Bozuk bir yongayı kaldırıp atabilirsiniz, fakat bir ya da bir-

kaç yongası bozuk olan bütün bir dilim için aynı şeyi yapamazsınız: Bu, çok masraflı olur. Çözüm, dilime yeni metal tabakaları eklemek ve bunlarla bağlantı sağlayarak, bozuk yongaları atlayıp devre-dışı etmektir. Ancak bu durumda da, devre yolları uzadığı için Trilogy dilimlerinin hızı düşüyordu. Hız-masraf ikilemini çözmenin yolları vardı, fakat Trilogy firması için bu, her şeye baştan başlamak anlamına geliyordu. Firma yetkilileri, böyle bir girişimi göze alamadılar.

Gerçekten, WSi'nin de kendine göre sorunları vardır. Bunlardan biri, daha az güç harcamasına karşın, bu gücün çok küçük bir yüzeye yoğunlaşmasıdır. Trilogy şirketi, su soğutmalı bir düzenekle bu sorunu çözmüştü. Dilimdeki bozuk yongalar için incelenmekte olan diğer bir çözüm yolu da, aynı dilim üzerinde gerekli olandan daha fazla yonga üretmektir. Bir başka sorun, dilim üzerindeki bağlantılarla ilgilidir. Çeyrek yüzyıl önce tasarımcılar devre öğelerini küçültmeye çalışıyorlardı. Oysa bugün sorun, onları birbirine bağlayan tellerdir. Bazı VLSİ devrelerinde bu bağlantıları, yonga yüzeyinin % 60-80'ini kaplamaktadır. Bu konuda henüz doyurucu bir çözüm elde edilememiştir.

WSi'nin kullanılacağı bilgisayar yapısı, son derece önemli bir noktadır. Örneğin Trilogy'nin bilgisayarı, Von Neumann tipi (aşağıda anlatılacaktır) bir yapıya sahipti ve pek çok bağlantı gerektiriyordu. Bu nedenle Trilogy dilimi 20 tabakadan oluşuyordu. İşlenecek tabaka sayısı arttıkça, bozuk yonga sayısı da arttığından, dilimlerin güvenilir biçimde üretilmesi önemli sorunlara yol açtı.

Öte yandan Von Neumann tipinde olmayan, paralel bilgisayar yapılarında, aralarındaki bağlantı sayısı az olan birçok işlemci söz konusudur. Bu nedenle paralel yapılar için daha güvenilir, daha ucuz dilimler elde edilebilecektir.

Geteceğin bilgisayarlarının büyük ölçüde paralel yapı olması düşünüldüğünden, Trilogy'nin başarısızlığına rağmen WSi, ABD ve Japonya'da çeşitli firmalar tarafından üretilmekte ve incelenmektedir. Bu arada Pentagon'a bağlı DARPA'nın stratejik bilgisayar programında, galyum arsenür teknolojisiyle WSi'yi birleştirme olasılığı da öngörülmüştür. Ga As WSi, belki de Ga As tümeşik devrelerden daha ucuz olabilecektir. Ayrıca optik ve elektronik devreleri birleştirmek, bu teknoloji ile mümkün olabilir. Diğer bir olasılık, üç-boyutlu bir WSi yapısı kurmak ve bir dilimdeki devreleri komşu dilimlere bağlamak suretiyle, çok kısa (ve hızlı) bağlantılar elde etmektir.

BİLGİSAYAR YAPILARI: PARALEL İŞLEMCİLER

Son 35 yıldır bilgisayarların işlem gücü binlerce kez arttığı halde, temel yapıları hiç değişmemiştir. İlk sa-

ysal bilgisayarlar, elektromekanik rölelerin açma/kapama işlemleriyle çalışıyorlardı. 2. Dünya Savaşı sırasında Harvard Üniversitesinde geliştirilen IBM'in ilk bilgisayarı Mark I, fiziksel olarak açılıp kapanan bu tür anahtarlarla çalışıyordu. 23'er hanelik iki sayıyı çarpması beş saniye sürüyordu ki, bugün bazı el hesap makineleri bile bu işlemi çok daha kısa sürede yapabilmektedirler.

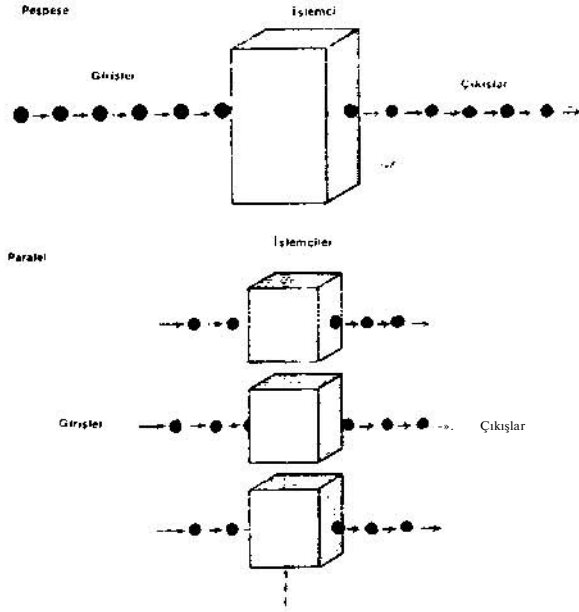
1946'da Pennsylvania Üniversitesi'nde yapılan ilk elektronik bilgisayar (ENIAC), 18 bin lamba, 70 bin direnç, 10 bin kapasitör ve 6 bin anahtardan oluşuyordu. Saniyede 5 bin toplama yapabilen ve yarım milyon dolara çıkan ENIAC, elektromekanik röleler yerine radyo lambalarını anahtar olarak kullanıyordu. Ancak kullanımı çok zordu: Farklı işlemleri yapabilmek için elektriksel bağlantılarının elle yeniden kurulması gerekiyordu ve bu işlem birkaç gün sürebiliyordu. Bu açıdan cihaz, eski tip bir telefon santraline benziyordu. Eğer bu duruma bir çözüm bulunmasaydı, bilgisayarların günümüzdeki ölçüde ilerlemeleri beklenemeyecekti.

Ancak Macar doğumlu dâhi bir matematikçi olan John von Neumann, bu soruna bir çözüm getirdi. Von Neumann'in önerisi, makinanın çalışma komutlarını, yani programını, tıpkı işlenecek veriler gibi ikili (0'lı, 1'li) dilde yazıp, bilgisayarın belleğine yerleştirmektir. Böylelikle yapılacak hesaplar için hangi anahtarların açılıp kapanacağı bilgisayara kodlanacak, makina bu açma-kapama işlemlerini kendisi yapacaktı. Bu tip ilk ticari bilgisayar, 1951'de yapılan UNIVAC 1 oldu.

O günden beri bilgisayarlarda birçok değişiklik olmuş, ancak von Neumann'in tasarladığı yapı biçimi aynı kalmıştır. Bu yapı, "sırasal" ya da "peşpeşe" diye adlandırılan yapıdır. Burada, bilgisayarın beyni sayılabilecek bir ana işlem birimi, hesapları teker teker yapar ve bir sonraki hesaba geçmeden önce, elde ettiği her sonucu belleğe yükler. Bugün işlem hızı ve elektronik devre çokluğu nedeniyle erimesini önlemek için sürekli soğutulmak zorunda olan, 350 bin yongalı bir Cray-1 süperbilgisayarı bile, komutları teker teker işleyen, peşpeşe bir yapıya sahiptir. Komutlar, bir tek komut yolu üzerinden, veriler de bir tek veri akışı yoluyla (SİSD) çeşitli birimlere geçerek sırayla işlenirler. Bilgisayarlardaki gelişmeler daha çok, temel yapı taşlarındaki ve yazılımdaki ilerlemelerle sağlanmıştır. Ancak, sırasal makinelerdeki gelişmeler, onları artık olanaklarının sınırına kadar getirmiştir. Bundan sonra bu yapı kullanılarak ancak çok az bir hız artışı sağlanabilir. Oysa yeni kuşak makinelerinin, bugünkü bilgisayarlardan bin kez daha hızlı olmaları beklenmektedir.

Bu nedenle Japonlar ve başka araştırmacılar, ilgilerini Von Neumann tipi olmayan ("Non-von Neumann",

ya da kısaca "non-von") bilgisayar yapıları üzerinde yoğunlaştırmışlardır. Bunlar, paralel, ya da eşzamanlı makineler olacaklardır (Çizim 1).



ÇİZİM 1. Peşpeşe (srasal) ve paralel işleme. Peşpeşe çalışan bir işlem birimi, bir komutu işledikten sonra bir diğerine geçer. Paralel çalışmada ise çok sayıda işlemci vardır ve bunlar bir arada çalışarak aynı anda birçok farklı komutu işleyebilirler.

İnsanlar çoğu zaman, birbirinden farklı birkaç işi aynı anda yaparlar. Bir insan otomobil kullanırken hem yolu gözler, hem arabanın çeşitli aygıtlarını denetim altında tutar, hem de radyo dinleyebilir. Bir evin inşası ya da bir malın üretilmesi gibi daha büyük çaplı çalışmalarda ise iş yükü daha küçük birimlere bölünerek, her bir parçası ayrı bir insan tarafından üstlenilir. Öte yandan bir insanın beyni, solunum, kalp atışı, fiziksel eylem ve düşünmek gibi birkaç farklı işi birarada yürütür.

Yeni bilgisayarların da temelde bu şekilde çalışmaları beklenmektedir. Böyle bir bilgisayarın birçok işlem birimi olacak ve her işlem birimi, çözülecek sorunun ayrı bir bölümü ile uğraşacaktır. Bugün bu aygıtların ön türleri geliştirilmiştir. Örneğin Cray XMP, iki Cray-1 işlem biriminden, 1984 sonlarında çıkan Cray-2, dört Cray-1'den oluşmaktadır. Süperbilgisayarcı Seymour Cray'in son zamanlarda üzerinde uğraştığı Cray-3 ise 16 işlemciden oluşacaktır. Bu tür paralel işlemciler, tek komut akışlı, fakat çok veri akışlı (SIMD) makinelerdir: veriler birkaç işlemcide aynı anda işlenir, fakat işlemciler bir tek program çerçevesinde çalışırlar.

Ancak Japonlar, bu noktada durmamaktadırlar, öngörülen, yüzlerce ve belki binlerce işlemciden oluşacak paralel yapılardır. Bu durumda her bir işlemcinin

ayrı ayrı programlanması da gerekebilecek, bu makineler çok-komut, çok-veri, akışlı (MIMD) olacaklardır. Bu ise von Neumann yapı prensiplerinden temelde ayrılmaktadır ve yepyeni programlama dillerinin, işletme sistemlerinin ve yapıların geliştirilmesini gerektirmektedir.

Dünyanın çeşitli yerlerinde bu konuda birkaç düzine araştırma sürdürülmektedir. Ancak bunlardan her biri, genellikle konunun farklı bir yönünü ele almaktadır ve ortada henüz somut bir sonuç yoktur. Bundan başka konunun her yönü için, düşünülebilecek birkaç çözüm birden vardır ve bunlardan hangilerinin daha üstün olduğu, ancak sınama yoluyla anlaşılacaktır. Bütün bunların ötesinde önemli olan, bir milyon yongalı bir aygıt yapmak değil, bu bir milyon yonganın en verimli biçimde hizmete koşulması için hangi biçimde biraraya getirilmeleri gerektiğidir.

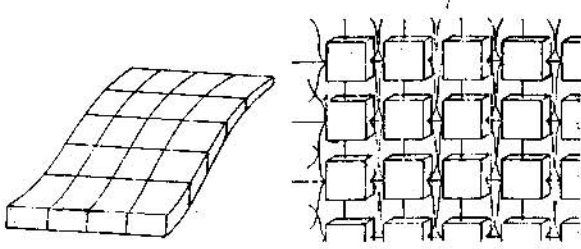
İnsanların konuşmasını "anlayabilen" bilgisayarlar geliştirilene dek, diğer bir sorun da, paralel işlemcilerin nasıl programlanacağıdır. Fortran ve bugünkü diğer programlama dilleri bu yapı için çok az destek sağlamaktadırlar. Paralel yapıları kapsayabilecek yeni Fortran tipleri geliştirilmektedir. Ayrıca ABD Silahlı Kuvvetleri tarafından geliştirilen, her çeşit makineyi programlamakta kullanılacak Ada dili gibi bazı çağdaş programlama dilleri, paralel yapı içeren bir şekilde geliştirilmektedir. Ancak bu diller, çok yaygın olarak bilinmemekte ve kullanılamamaktadır.

KULLANIM ALANLARI

Paralel yapıdaki bilgisayarların en çok, hepsi benzer şekilde davranan parçalardan oluşan sistemlerin çözümünde kullanılabilecekleri düşünülmektedir. Örneğin, astronomide bin tane yıldızın birbiriyle çekimsel etkileşimi böyle bir sistem oluşturur. Her zaman diliminde, her yıldızın bütün diğerleri üzerinde doğurduğu kuvvetin hesaplanması gereklidir. Doğada hepsinin birbiri üzerindeki etkisi aynı anda hissedilir. Oysa Von-Neumann tipi bir bilgisayarda, her yıldız teker teker ele alınmak ve sırayla her yıldızın, bir tek yıldız üzerindeki etkisi hesaplanmak zorundadır. Aynı hesapları bir tek zaman diliminde bütün yıldızlar için yapabilecek bir bilgisayar, doğal olarak sırasal bir bilgisayardan çok daha hızlı çalışacaktır.

Paralel işlemciler için diğer bir uygulama alanı, yapısal mekanik ya da süreklilik mekaniğidir. Örneğin, bir cisme dışarıdan bir kuvvet etki ettiği zaman, onda oluşacak deformasyonu hesaplamak gerekebilir. Cismi küçük küpçüklere bölmekle sorun basitleştirilebilir: Herhangi bir küpçükteki deformasyon, onun elastik ve yapısal özellikleri ile, en yakın komşuları tarafından kendisine uygulanan kuvvetlerce belirlenir. Bu yapının matematiksel modeli, bir doğrusal denklem ta-

kimi biçiminde verilebilir. Bu modelde her değişken, komşu birimlerdeki değişkenlerin de içerildiği denklemlerde yer alacaktır. Bu çok basitleştirilmiş modele uygun bir bilgisayar yapısı elde etmek kolaydır. Sıradan mikrobilgisayarlar, küpçüklerin durumunda olduğu gibi her işlemciyi en yakın komşularına bağlayan bir ağ biçiminde bir araya getirilir. Her işlemci, bir küpçüğe ait hesapları yapar. Böylece cismin dış etkine tepkisi, bütün işlemcilerin doğrusal denklemleri paralel biçimde çözmeleri sonucu elde edilmiş olur (Çizim 2).



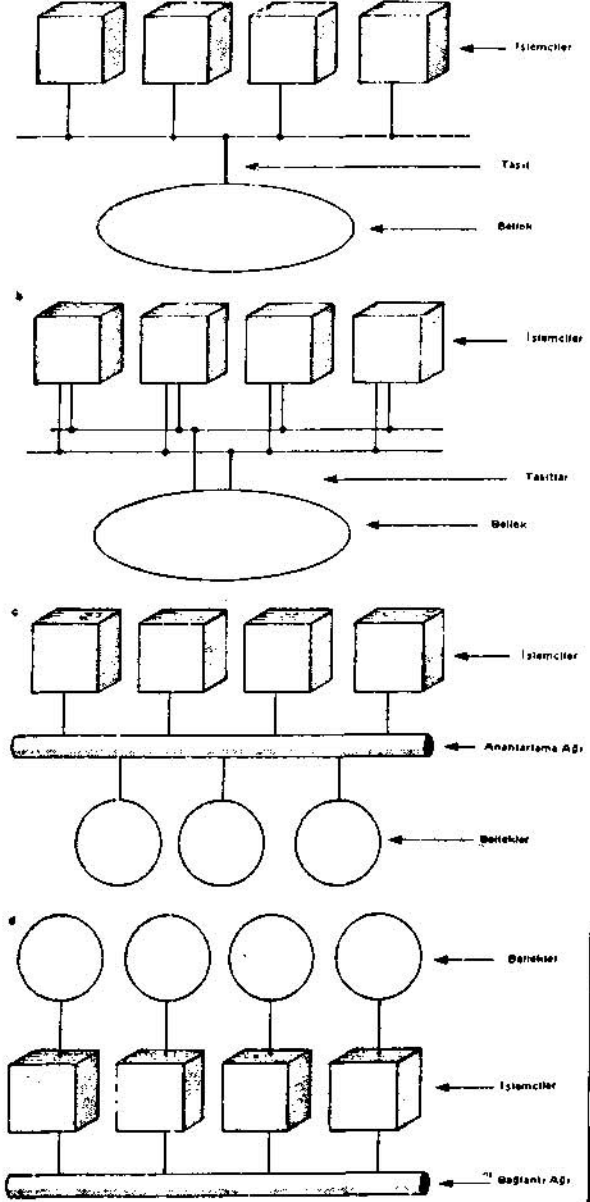
ÇİZİM 2. İğdaki katı maddede her küpçük, komşularından gelen kuvvetlerin etkisi altındadır. Sağdaki bilgisayarda aynı en-yakın-komşu bağlantıları vardır, bu nedenle de her küpçüğün türevsel denklem takımı aynı anda çözülebilir. Bu sayede katının tümünün mekaniği saptanmış olur.

Paralel işlemcilerin en elverişli ve en gerekli kullanım alanlarından biri de, uydulardan gelen görüntülerin işlenmesidir. 1980'lerin sonlarında uydulardan gönderilecek radar ya da televizyon görüntülerinin işlenmesi için, bugünün en hızlı süperbilgisayarlarından 1000 kez daha hızlı bilgisayarlar gerekecektir. Bu uydular dünyanın hava durumunu, su ve maden kaynaklarını, tarımsal ürünlerini ve hava kirliliğini gözleyecek, her 24 saatte en az 500 harita ya da resim göndereceklerdir- Bu işe, işlenmesi gerekli olan on trilyon veri "Bit" demektir. Gereken sürede bir haritanın belirlenebilmesi için resmi oluşturan her nokta ("pixel"), saniyede 100-10.000 işlem hızla işlenebilmelidir. Bu da işlem hızı 100 milyar işlem/sn olan bilgisayarların geliştirilmesini gerektirmektedir. Bugünkü süperbilgisayarların hızının yüz milyon işlem/sn düzeyinde olduğunu daha önce görmüştük.

Paralel yapılar, burada da büyük bir başarıyla kullanılabilirlerdir. Her resim koyuluk tonlarına göre birkaç düzleme ayrılacak ve resmin her düzlemdeki bölümü, siyah/beyaz ayırımını 0-1 biçiminde kodlayacaktır. Sonra bu düzlemlerin her biri, bir paralel bilgisayardan geçirilir. Bu bilgisayar, binlerce resim noktasını aynı anda işleyebilecek, ortak yapıda binlerce işlemciden oluşmaktadır. Sonuçta, 1024'e 1024 adet paralel işlemcinin her 10 nanosaniyede bir, bir milyondan fazla işlemini aynı anda yapabileceği umulmaktadır.

PARALEL BİLGİSAYAR TÜRLERİ

Paralel yapılar, işlemcilerle bellek arasındaki bağlantılar, yani fiziksel yapıları cinsinden sınıflandırılabilir (Çizim 3) :



ÇİZİM 3. Paralel mimariler, işlemci ve bellek arasındaki bağlantılarına göre sınıflandırılabilir: (a) Ortak bir belleğe işlemcileri bağlayan tek bir taşıt; (b) Ortak bir belleğe işlemcileri bağlayan çok sayıda taşıt; (c) Anahtarlama ağıyla çok sayıda belleğe bağlanan çok sayıda işlemci; (d) Her biri kendi belleğine sahip işlemciler ağı.

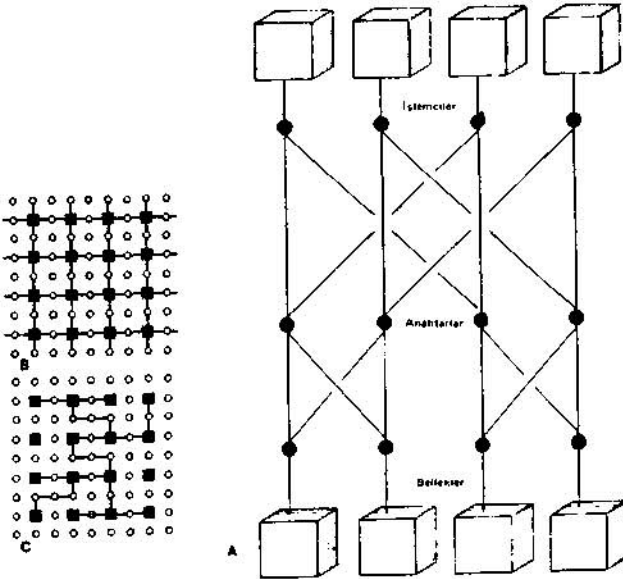
1. Çeşitli işlemciler, bir tek iletişim kanalı (taşıt: "bus") ile ortak bir belleğe bağlanır.
2. Birden fazla taşıt, işlemcileri ortak bir belleğe bağlar.

3. Birden fazla bellek, işlemciler anahtarlamalı bir iletişim ağı ile bağlanır. Burada bir program, her işlemcinin her belleğe bağlanmasını sağlayacak şekilde anahtarları düzenler (Çizim 4A). (Texas Üniversitesinde geliştirilen TRAC makinası bu türdendir).

4. Her biri ayrı bir belleğe sahip işlemciler, bir bağlantı ağı içinde bütünleştirilirler.

Bütün bu yapıların kendilerine göre üstünlükleri ve zayıflıkları vardır. Tek ortak taşıt basit ve kolaydır, fakat büyük sistemlerde kolaylıkla aşırı yüklenebilir. Birden fazla taşıt aşırı yüklenmeye daha az açıktır. Fakat her işlemcinin bellek erişimi, gene de başka işlemcilerle çatışma sonucu baltalanabilir. Anahtarlamalı ağ düzeni, çatışan-erişimler sorununu azaltır, fakat bunun da bedeli, büyük bir anahtarlama ağı ve onu denetleyen programları gerektirmesidir. Bundan sonraki adım, her biri kendi belleğini taşıyan bireysel bilgisayar sistemleri geliştirip, bunların herbirini sistem içindeki birkaç başka işlemciye bağlamaktır.

ABD'de İndiana eyaletindeki Purdue Üniversitesi'nde geliştirilen bir model, bağlantı yapısını değiştirebilme niteliğine sahiptir. Çözülecek probleme uygun olarak bağlantılar, bir ağ şeklinde olabilir ya da bir ağaç yapısına dönüştürülebilir (Çizim 4B, C).

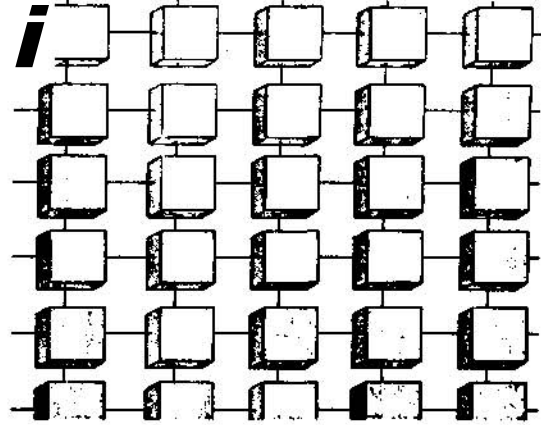


ÇİZİM 4. Harici bir program, anahtarları açıp kapamak suretiyle her işlemcinin her belleğe bağlanmasını sağlayabilir. Ya da uygun biçimde adreslenmiş her bilgi paketi, her işlemci ve bellek arasında gidebilir. A'daki düzenekte tek bir ikili bit her bağlantı noktasını tetikleyebilir, bu nedenle de adresleme ve anahtarlama komutları aynı olabilir. Purdue Üniversitesi'nde geliştirilen değişebilir yapıli paralel işlemci (CHIP), yapısını bir ağ biçiminden (B) bir ağaca (C) dönüştürebilmektedir.

Fiziksel yapılarının yanı sıra paralel işlemciler, uygulanan denetim biçimine göre de sınıflandırılabilirler.

Tek merkezli denetimde sorun, uzun tellerden doğan hız kaybı, çok merkezli denetimde ise sistem kaynaklarının koordine edilmesinde karşılaşılan zorluklardır.

Merkezci denetimin en iyi bilinen örneği, denetim-güdümlü (denetim akışı) sistemlerdir. İyi bilinen diğer iki denetim biçimi ise çok-merkezlidir ("decentralized"). Bunlar veri-güdümlü (veri akışlı) ve istem-güdümlü (indirgemeli) sistemlerdir. Bunları ayrı başlıklar altında incelemeye çalışacağız.



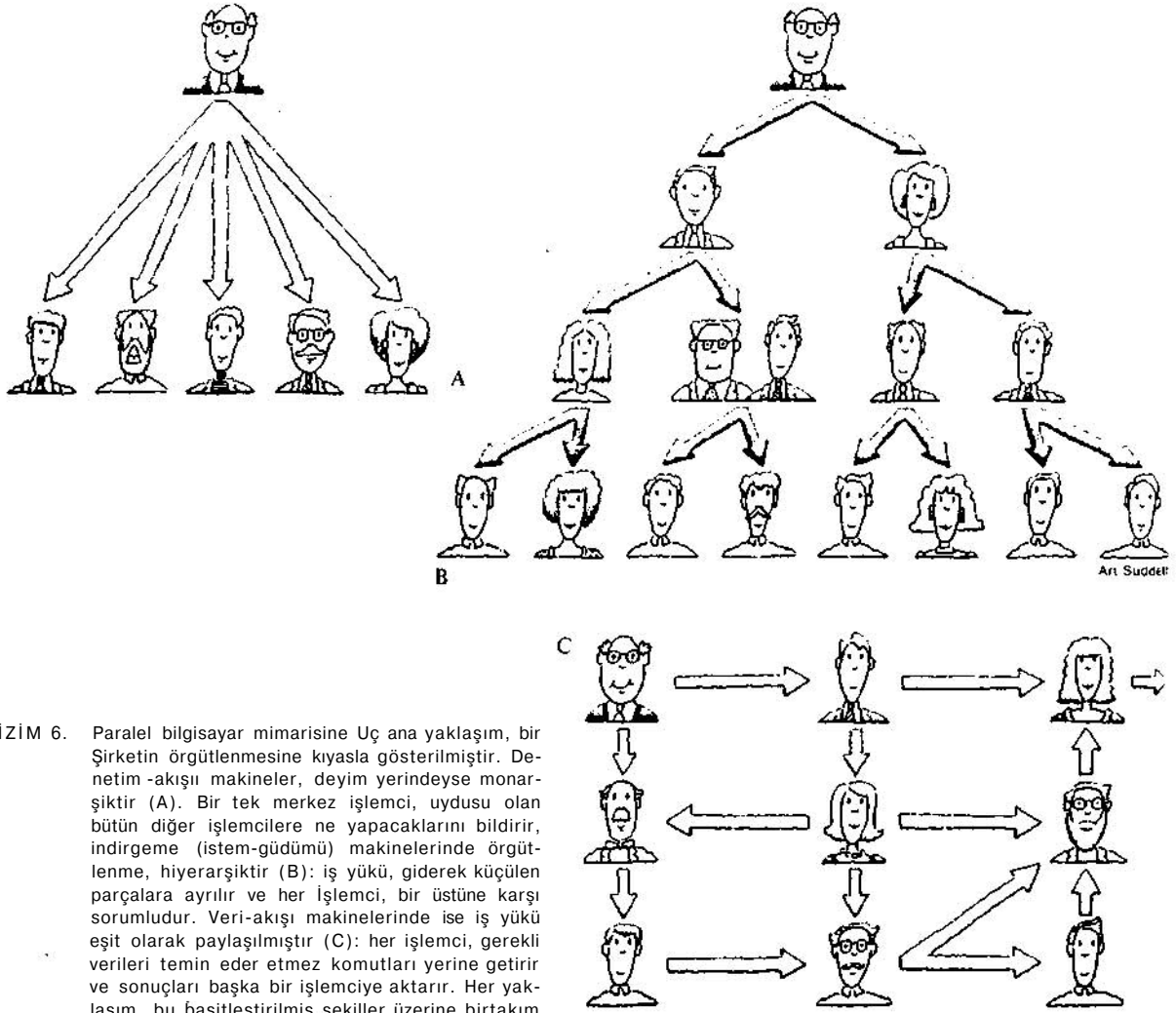
ÇİZİM 5. En yaygın paralel işlemci yapısı, komşu işlemcilerin birbirine bağlandığı bir ağ yapısıdır. Çizimde iki boyutlu olarak görülen ağ yapısı, uç ya da daha çok boyutlu olabilir.

Paralel bilgisayarlar, işlemcilerin birbirlerine bağlanışına göre de sınıflandırılabilirler. En çok seçilen yol, çok-boyutlu bir sıralama içinde her işlemciyi en yakın komşularına bağlar (Çizim 5). Örneğin ilk süperbilgisayar olan illiac-IV'te, iki-boyutlu bir sıralama içinde her işlemci en yakın dört komşusuna bağlanıyordu. Tabii üç-boyutlu ve başka düzenekler de mümkündür. Burada da sakınca, yapı tarafından sağlanan en-yakın-komşu bağlantılarına hesaplama programlarının uygun düşmemesi ve birbirinden uzak işlemciler arasındaki iletişimin fazla zaman kaybettirmesidir.

1. Denetim Güdümü (Denetim Akışı)

Yeni yapı tasarımları içinde geleneksel von-Neumann yapısına en yakın olanı, denetim güdümlü ya da denetim akışlı makinalardır. Bunların çalışma biçimini şöyle örneklendirebiliriz.

Bir tek merkezden yönetilen bir dizi fabrika ve atölye düşünün (Çizim 6A). Merkezdeki idareci, hangi fabrikanın ne zaman neyi üreteceğini belirler ve çalışma programını sıkı bir denetim altında tutar. Bir orkestradaki müzisyenlerin bir şef tarafından yönetilmesini, her müzisyenin ancak şeften gelen bir işarete uygun olarak kendi müzik aletini çalmasını da buna benzetebiliriz.



ÇİZİM 6. Paralel bilgisayar mimarisine Uç ana yaklaşım, bir Şirketin örgütlenmesine kıyasla gösterilmiştir. Denetim -akışı makineler, deyim yerindeyse monarşik (A). Bir tek merkez işlemci, uydusu olan bütün diğer işlemcilere ne yapacaklarını bildirir, indirgeme (istem-güdümlü) makinelerinde örgütlenme, hiyerarşik (B): iş yükü, giderek küçülen parçalara ayrılır ve her işlemci, bir üstüne karşı sorumludur. Veri-akışı makinelerinde ise iş yükü eşit olarak paylaşılmıştır (C): her işlemci, gerekli verileri temin eder etmez komutları yerine getirir ve sonuçları başka bir işlemciye aktarır. Her yaklaşım, bu basitleştirilmiş şekiller üzerine birtakım çeşitlemeler getirmektedir.

İşte denetim akışlı makineler de bu biçimde çalışırlar. Bir tek ana işlemci, bir işyerinin patronu gibi çeşitli işlemcilere komutlar göndererek, hangisinin neyi, ne zaman hesaplayacağını belirler.

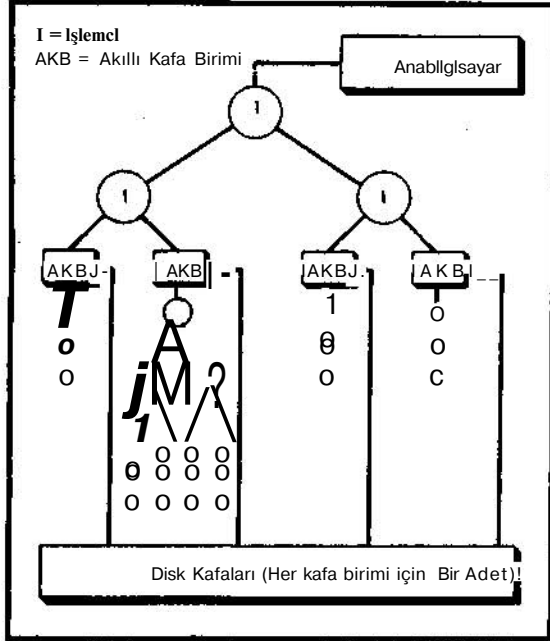
New York'taki Columbia Üniversitesi'nde David Shaw ve arkadaşları tarafından geliştirilmekte olan Non-Von 1 makinası, denetim akışı ya da SIMD aygıtları için güzel bir örnektir (Çizim 7). Bu makina, işlemcilerin mümkün olduğunca küçük ve çok sayıda yapılmaları fikrini, en ileri noktaya kadar götürmüştür. Non-Von'un en sonunda, bir milyon işlemcisi olacaktır. Bu işlemcilerin her birinin küçük, 64-byte'lık aritmetik ve mantık birimi (ALU) bulunacaktır.

Bu kadar küçük mikro işlemciler program komutlarını saklayamayacaklarından, bir ağaç biçiminde düzenlenecekler ve ağacın tepesindeki merkez işlemci, bütün işlemcilere "yayın" komutları gönderecektir. Bellek

erişimi, her küçük işlemci grubuna eşlik eden disk kafaları ile sağlanacaktır. Belleğin bu şekilde her işlemciyle yakından ilişki kurması, her birime sorunun bir bölümünün tahsis edilebilmesi anlamına gelmektedir. Ticari bir sistemde, her bireyin kaydına bir işlemci düşecektir. Modellemelerde her model noktası, bir grup işlemci tarafından hesaplanacaktır.

Bu tür bir bilgisayarda, rastgele-erişimli bellek (RAM) yerine, ilişiksel ("associative") bir bellek vardır. Bu bellek, bir sözlük gibi, saklanacak verileri aralarındaki ilişkilere ve içeriklerine göre düzenler. Bütün işlemcilere merkez işlemciden aynı komutlar geldiği halde, komutla ilgili olmayan tüm işlemciler devre dışı bırakılabilir. Örneğin, bellekte işçi kayıtlarının saklandığını ve işlemcinin, satış servisinde çalışanların maaşlarını çıkarmak istediğini düşünelim. İlk komut dizisi, yazmaçlarında "satış" sözcüğü bulunmayan tüm iş-

temcilerden, kendilerini devre dışı bırakmalarını isteyebilir. Böylece maaşların okunması komutu geldiğinde, bu komutu yalnızca satışla ilgili işlemciler yanıtlayacaklardır. İşlemci belleği açıkça adresleyeceği yerde, sadece gerekli olan içerikleri belirtmekle belleğe erişmiş olur.



ÇİZİM 7. Non-Von 1, David Shaw ve arkadaşları tarafından geliştirilmiş olup denetim-akışlı makinelere örnektir. Bir milyon işlemciden (halkalar) oluşan makinede, her bir işlemci 1 bit'lik aritmetik/manlık birimine ve 64 byte'lık belleğe sahiptir. Bunlar ana belleğe akıllı kafa birimleri ile bağlanmıştır; bu kafalar, ana disk belleğinden gereken bilgiyi bulup alabilmektedirler. Merkez işlemci aynı anda bütün işlemcilere komut gönderir.

Columbia grubu, Non-Von'un temelini oluşturacak VLSİ yongalarını, yonga başına sekiz işlemci düşecek şekilde tasarlamıştır. Fakat tasarımın üç tane sorunu vardır, ilk olarak, birbirinden çok uzakta bulunan işlemcilerin iletişim kurmaları hem zor, hem de zaman alıcıdır, çünkü mesajlar ağacın tepesine kadar tırmandıktan sonra tekrar aşağı inmek zorundadırlar. Bir işlemci eğer başka bir işlemcinin sonuçlarına gereksinim duyarsa, böyle iletişim gecikmeleri verim düşüşüne yol açabilir, ikincisi, bellek işlemcilerle yakından ilişkilidir ve işlemciler simetrik, ikili bir ağaç düzenindedirler. Bu yüzden bir kullanıcı Non-Von'u genişletmek isterse yapabileceği tek şey, makina büyüklüğünü iki katına çıkartmaktır.

Belki de en önemli sorun, çok küçük işlemci büyüklüğünün, Non-Von'un çözebileceği problemlere kısıtlamalar getirmesidir. Birçok sayısal hesaplarda ve hatta sembolik yapay zeka işlemlerinde problem milyon-

larca değil, belki ancak yüzlerce ya da binlerce küçük birime ayrılabilir. Böyle problemler için Non-Von'un işlemcileri fazla ufaktırlar. Ancak bazı iş uygulamalarında bu aygıt uygulama alanı bulabilir.

Başka denetim akışı tasarımlarında işlemci sayısı daha küçük tutulmuştur, örneğin bir tasarımda, bin tane Intel 8086 mikroişlemcisi kullanılmıştır. Ancak bütün bu tasarımların ortak zayıflığı, problemin eşzamanlı parçalara, programcının belirleyeceği şekilde bölünmesini gerektirmeleridir. Bu, donanımdaki kazancı ortadan kaldıracak yazılım harcamalarına yol açabilir.

2. İstem Güdümü (İndirgeme)

Denetim güdümünü bir monarşiye benzetirsek, istem (talep) güdümünü de bir hiyerarşiye benzetebiliriz.

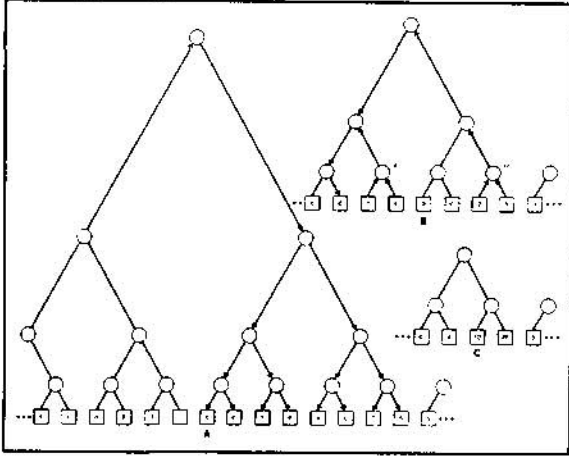
Burada uygun benzetim, büyük bir şirkette ya da devlet kuruluşundaki yönetim hiyerarşisidir (Çizim 6B). Bir ilk işlemci, gelen görevleri büyük bloklar halinde bölüştürerek bir alt düzeydeki işlemcilere yollar. O işlemciler, kendilerine gelen blokları daha küçük parçalara "indirger" ve "astları" olan işlemcilerden, bu parçaları çözmelerini isterler (talep ederler). Bir işlemci bir işi, üstü bunu istediği zaman yapar. Esas hesap yapan işlemciler, piramidin tabanında bulunanlardır. Burada iş, gerektiği zaman yapılır.

Gerçek bürokrasilerde olduğu gibi burada da temel sorun, ağaçtan aşağı komutlar gönderilir ya da sonuçlar yukarı iletilirken, fazla zaman yitirilmesidir.

İstem güdümlü; ya da indirgemeli bir makina örneği, Chapel Hill'deki Kuzey Carolina Üniversitesi'nde Gyula Mago ve arkadaşları tarafından geliştirilen "Mago İndirgeme" (MRED) makinasıdır (Çizim 8). Bu bilgisayar ikili bir ağaç biçiminde tasarlanmıştır. Ağaç iki tip hücreden oluşmaktadır: "Ağaç" hücreleri ve "yaprak" hücreleri. Yaprak hücrelerini oluşturan işlemciler ağacın tabanlarını oluşturur, ağaç hücreleri de bunları birbirine bağlar. Komutlar ve veriler, ağaç hücreleri tarafından "yaprak"lara dağıtılır. Her yaprak, komut ya da verinin bir karakterini saklar. Bir hesap yapacağı zaman bir üstteki ağaç hücresine bilgi gönderilir. Ağaç hücresi hesabı yapar, sonra tekrar bir altındaki yaprakta sonucu saklar. Bu hesap biçimi, örneğin milyonlarca çarpımın iki zaman adımında gerçekleştirilmesini sağlayabilir.

IBM şirketinden Fortran'ı keşfeden bilim adamı John Backus, Mago'nunki gibi bilgisayarlarda kullanılmak üzere "işlev-düzeyi programlama" dilleri üzerinde çalışmaktadır. Backus'un yaklaşımının bir üstünlüğü, programlama komutları ile verilerin içice verilmesini sağlayarak, programlamayı kolaylaştırması ve programın işleme süresini kısaltmasıdır.

Öte yandan, ağaç yapıda olduğu için MRED, Non-



ÇİZİM 8. Gyula Mago ve arkadaşları tarafından geliştirilen MRED (Mago indirgeme) makinesi, istem-güdümlünü örneklemektedir. Yapı, ağaç ve yaprak hücrelerden oluşur ve her komut, ayrı bir hücrede saklanır (A). Burada iki sayıyı çarpma komutu önce ağaçtan yukarı ve sonra tek geçişte aşağı gönderilir (B). Bunun üzerine her işlemci hesabı yapar ve sonuçları, saklamak üzere uygun hücreye gönderir (C). Böylece binlerce ya da milyonlarca çarpma işlemi, bir-iki zaman aralığında gerçekleştirilmiş olur. Her yukarı/aşağı taramada, ilk ifade daha basitleştirilmiş ve adım adım sonuca yaklaşılmış olur.

Von'un iletişim ve büyüme güçlüklerini paylaşmaktadır. Daha genelde indirgeme makinaları, çift-yönlü iletişimden doğan bir iletişim sorunu ile yüzüzedirler : Bir yönde istemler, öte yönde ise sonuçlar iletilmek zorundadır.

3. Veri Güdümü (Veri Akışı)

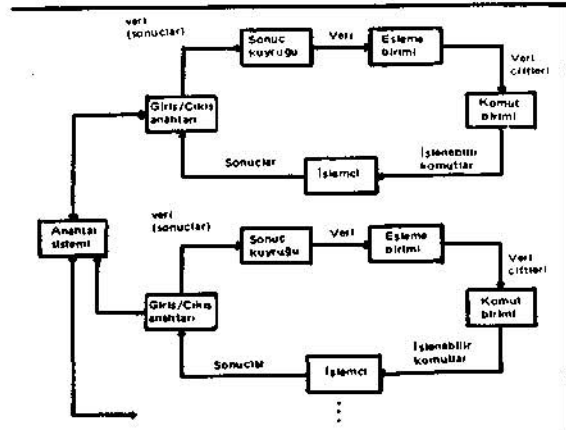
Alışlagelmiş bilgisayar yapısından belki de en farklı yaklaşım, veri güdümü ya da veri akışı olarak bilinen yöntemdir. Buradaki örgütlenme modeli, çeşitli bireylerden oluşan bir çalışma ekibine benzetilebilir (Çizim 6C). Bu bireylerin her biri, yapılacak iş konusunda eşit ölçüde bilgi sahibidirler. Her birey, mümkün olduğu kadar hızlı çalışır ve elindeki iş bitince, otomatik olarak henüz tamamlanmamış görevlerden birini üstlenir.

Benzer şekilde bir veri akışı makinasından işlemciler, geleneksel bilgisayarlarda olduğu gibi bellekten veri arayacakları yerde, bir "veri paketi" kendilerine geldiğinde, gerekli işlem ne ise onu yaparlar. Her pakette, o verinin ne şekilde ve hangi amaçla kullanılacağını gösteren bir "takı" ya da etiket vardır, işlemciler sürekli olarak bilgi gelir. Bazı tasarımlarda bu, verilerin, işlemcilerin hepsinden geçen bir iletişim halkası içinde dolaştırılmasıyla sağlanmaktadır.

Bir etikete ait tüm veriler bir işlemciye geldiği zaman, işlemci gerekli işlemi yerine getirir ve sonuçları diğer bir işlemciye aktarır. Bu sırada da yapılacak yeni işlemi anlatacak biçimde, sonuca yeni bir etiket takar.

Çalışma biçimleri olağan bilgisayarlardan farklı olduğu için, veri akışı makinalarının programlama dilleri de farklıdır. Bunlardan en yaygın olarak kullanılanı, grafik-dil programlarıdır. Bu programlar bilgisayar akış şemalarına benzerler ve doğrudan doğruya makine dili düzeyinde yazılabilirler.

Veri akışı makinaları içinde en gelişmiş olanlardan biri, İngiltere'de Manchester Üniversitesi'nde Ian Watson, John Gurd ve arkadaşları tarafından geliştirilmiş olanıdır (Çizim 9). Manchester makinasında, bir halka yapısı içinde, Non-Von'ankinden çok daha büyük işlemciler vardır. Her halkada 12 alt-işlemci bulunduğundan, halkaların her biri bir paralel aygıttır. Bu halkalar, bir anahtarlama sistemi ile birbirlerine bağlanırlar.



ÇİZİM 9. Watson ve Gurd'un geliştirdikleri Manchester makinesi de veri-akışı makinesini örnekler. Makine, bir dizi halkadan oluşmakta ve verilerle sonuçlar, sürekli olarak bu halkalar etrafından dönmektedir. Bir eşleme birimi bir veri paketini sonuç kuyruğundan alır ve belli bir işlem için gerekli olan başka bir veri ya da sonuçla eşleştirmeye çalışır. Bunda başarılı olursa, onları komut saklayan birime gönderir ve burada uygun komutu alır. Sonra paket, bir bütün halinde işlem birimine gönderilerek işlenir.

Veriler ve sonuçlar, bir veri/sonuç sırasına sokulurlar. Sırası gelen veri paketi bir eşleştirme birimine gelir. Burada, bir işlem için gerekli olan ve aynı hedefe gidecek ikinci bir veri paketiyle birleştirilir ve ikisi birden, komutların saklandığı birime gönderilir. Eşlenmemiş veri paketleri ise bellekte saklanır.

Komut saklama biriminde aynı hedefli komutla birleştirilen veri paketleri, işlenmek üzere işlemciye gönderilir. Sonuçlar, tekrar işlenmek ya da başka bir hal-

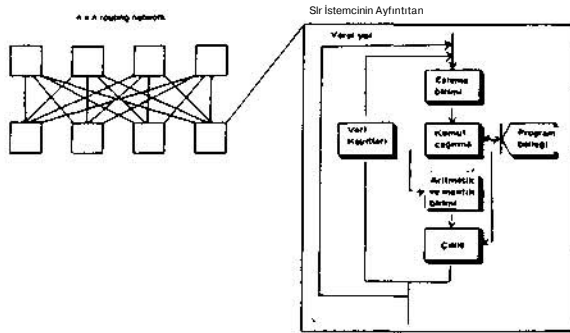
kaya gönderilmek üzere bir giriş/çıkış anahtarına iletilir.

Manchester düzeneğinde 12 işlemcili tek bir halkanın işlem hızı saniyede 1.7 milyon komut (1.7 MİPS) düzeyindedir. Bu çok büyük bir hız değildir, fakat nedeni, Manchester grubunun ekonomik nedenlerden ötürü yavaş işlemciler kullanmış olmasıdır. Her işlemcinin işlem hızı 0.15 MİPS'tir. Oysa bugün varolan mikroişlemciler, bundan 30 kat daha hızlı işlem yapabilmektedirler. Ayrıca bir makinede 30 kadar işlem halkası bulunacağından, böyle bir makinenin saniyede bir milyar komut (1000 MİPS) işlemesi beklenebilir.

Watson ve Gurd'un çalışmaları, eşleme birimlerindeki beklentiler nedeniyle işlemcilerin zaman zaman boş kaldıklarını ve bu yüzden işlem hızının, 1.2 MİPS'in altına düştüğünü göstermiştir. Tek veri paketi gerektiren beklemez işlemlerde tam hız tutturulabilmektedir. Eşlenmiş paketlerin toplanacağı bir birikeç ("buffer") sayesinde, hız kaybının önlenilebileceği düşünülmektedir.

Massachusetts Teknoloji Enstitüsünde Profesör Arvind, her biri kendi döngüsüne sahip bir işlemciler düzeneği tasarlamıştır (Çizim 10). Her bir işlemci, bütün diğer işlemcilere bağlıdır. Buradaki sorun, n işlemci için iletişim bağlantıları sayısının n^2 biçiminde büyümesidir. Japonya'da bu sorun için geliştirilen bir çözümde, Manchester tipi halka işlemcileri vardır ve her işlemci, ancak en yakın komşuları ile bağlantılıdır. Bu durumda iletişim bağlantıları, doğrusal olarak büyümektedir.

Bütün işlevleri bir işlemcide toplamanın bir sakıncası, bazı işlemcilere çok sayıda eşleşmiş paket çifti gelir-



ÇİZİM 10. Dr. Arvind'ın geliştirdiği veri akışı makinesinde bütün işlem birimleri birbirinin aynısıdır ve $n \times n$ 'lik bir ağ içinde bütün işlemciler, birbirine bağlıdır. Her işlemcide, gelen veri paketlerini karşılaştırıp herhangi bir işlem için gerekli verileri bulmaya çalışan bir eşleme birimi vardır. Böyle bir veri çifti bulunduğunda, bu çift komut birimine gönderilir, burada uygun komutu alan çift, işlemek üzere aritmetik/mantık birimine aktarılır. Sonuç elde edildiğinde çıkıştan geçerek başka bir işlemciye gider.

ken, bazılarında çok az gelmesi ve bu ikincilerin işsiz kalmasıdır. Tokyo Üniversitesi'nde Tohru Moto-oka ve arkadaşları, geliştirdikleri "Topstar" makinesinde işlemciler arasında görev bölümü yapmışlardır. Denetim modülleri eşleştirme işini, işlem modülleri ise hesaplamayı yaparlar. Bir işlem modülü, bir denetim modülünden eşleşmiş bir çift ister, oradan elde edemezse diğer bir denetim modülüne geçer. Hesapların sonuçları, tekrar denetim modüllerine aktarılır.

Veri akışı makinalarında iki ana donanım sorunu vardır. Bunlardan birincisi, bazı işlemcilerin fazla yüklenerek tıkanmalar doğurması, bazılarının ise az yüklenerek eylemsiz kalmalarıdır, ikinci sorun ise iletişim ağının masrafını en aza indirmektir.

Öte yandan bir işlemcinin, başka bir yerde saklanmış bir bilgiye erişmesi, çok büyük boyutlarda trafik sorunları yaratabilir. Diğer bir sorun da etiketleme işleminin gerektirdiği hesaplama miktarı ve doğuracağı zaman kaybıdır.

Son olarak, çözülecek problemin kendisi yeterince paralel değilse, veri-akışı makinaları geleneksel makinalardan daha yavaş çalışmaktadır. Bu nokta veri-akış tasarımcıları tarafından da kabul edilmektedir. Veri akışının verimli olabilmesi için, hesaplanacak problemin de paralellığa elverişli olması gerekmektedir.

Melez Makinalar

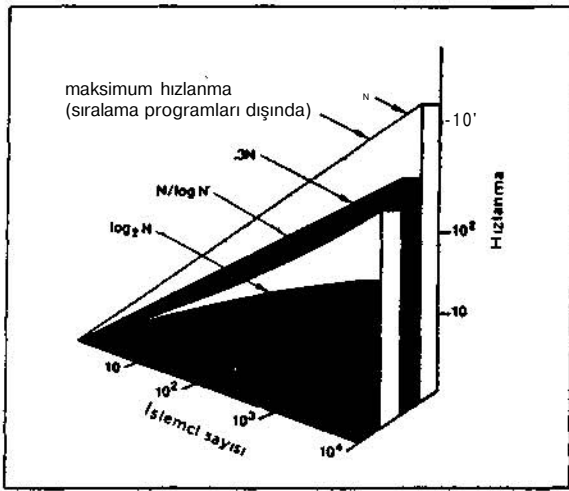
Yukarıdaki çeşitli yaklaşımların kendilerine özgü zorluklarının bulunması, bunların üstün yönlerini birleştirecek "melez" bilgisayarların tasarlanmasına yol açmıştır. Bu yaklaşımın bir örneği, Utah Üniversitesi'nde Robert Keller ve arkadaşlarının geliştirdikleri "Rediflow" paralel işlemcisidir. Bu makina, indirgeme makinaları gibi istem-güdümlüdür, fakat bazı çalışma özellikleri veri akışı makinalarının aynısıdır. Burada her işlemci hücrenin iki tane listesi vardır.

Birinci liste, bir öncelik listesidir: Diğer işlemcilerden gelen hesap sistemleri, bir önem ya da acillik sırasına konur. İkinci liste ise elde edilmiş olan verilerin listesidir. Böylece, eğer en önemli görevlerin verileri gelmişse, işlemci bu görevle uğraşır. Fakat veriler henüz kendisine gönderilmemişse verileri tamam olan daha az acil görevleri hesaplar. Buradaki örgütlenme örneği, veri akışıdır. Ancak ekibin üyelerinden biri bir diğerine "Benim şuna gereksinmem var, önce bunu hesapla" diyebilmektedir.

öte yandan işlemciler, "ebeveyn" ve "çocuk" hücreleri olarak da ikiye ayrılmıştır. Bir "ebeveyn" hücre, kendisine bağlı "çocuk" hücrelerin iş yüküne ait bir liste tutar. Bu sayede gerekirse, iş yükü listesi uzun olan bir "çocuk" hücrenin görevlerinden bir kısmını,

iş yükü listesi kısa olan başka bir "çocuk" hücrene aktarabilir.

Bütün bu yaklaşımlar, dünyanın çeşitli yerlerinde birkaç düzine örnek olarak denenmektedir. Büyük bir olasılıkla hiçbir yaklaşım tek başına, evrensel olarak her soruna uygulanamayacak ve farklı konular, farklı yaklaşımlar gerektirecektir. Çeşitli yaklaşımları birleştiren makineler de tasarlanabilir. İnsan beynindeki düşünme süreçlerinin nasıl işlediği henüz tam olarak anlaşılammış olduğu için, bilgisayar yapılarının mimarları, doğadan örnek alamamakta ve şimdiki durumda sıfırdan başlayıp, deneme-yanılma yöntemiyle ilerlemeye çalışmaktadırlar.



ÇİZİM 11. Paralel çalışan N işlemciyle elde edilecek hızlanma, kuramsal olarak, bir işlemcinin hızının N katıdır. Fakat pratikteki hızlanma daha azdır: Adresleme çatışmaları ya da verimsiz algoritmalar, herhangi bir anda bazı işlemcilerin boş (atıl) kalmalarına neden olur. Oldukça basit Fortran programlarına dayalı hızlanma hesaplar için çok 0.3 N ve en az $\log_2 N$ 'lik bir hızlanma öngörmüşlerdir. Ancak ABO'de elde edilen son gelişmelere göre, işlemciler çok yüksek verimde çalıştırılmışlardır.

Son Gelişmeler

Dünyanın çeşitli yerlerinde elde edilen sonuçlar, paralel işlemciler için büyük umutler yaratmıştır. Bilindiği gibi aynı anda çalışan N işlemcide elde edilecek hız artışı, tek bir işlemcinin hızının N katı olmayıp daha azdır (Çizim 11). Ayrıca bazı işlemcilerin atıl kalma olasılığı daima vardır. Ancak özellikle ABD'de elde edilen sonuçlar, bunun tersinin de olabileceğini, örneğin bir arada çalışan iki paralel işlemcinin, tek bir işlemciden daha verimli (daha dolu) çalışabileceğini göstermiştir. Birçok tasarımlarda paralel işlemcilerin verimi % 90'ın altına inmemiş, bir-iki örnekte ise % 100'ün üstüne çıkmıştır. Bu demektir ki iki işlemci,

tek başına çalışan bir işlemcinin iki katından daha hızlı çalışabilmektedir. Paralel yapılar konusunda deneyim arttıkça, daha üstün sonuçlar elde edilmesi beklenebilir.

Konunun yeniliği ve önemi nedeniyle fazlaca yer ayrılmış olduğumuz paralel bilgisayar konusunu, son bir cümleyle noktalayalım : Paralel bilgisayarlar, hataya karşı hoşgörülü (hatalardan fazlaca etkilenmez) ve kendi hatalarını düzeltme yeteneğine de sahip olabileceklerdir.

Ülke Çapında Bilgisayar Ağı

Donanım konusunda gözönünde bulundurulması gereken diğer bir nokta, 5. Kuşak bilgisayarlarının tek aygıt olarak kalmayacaklarıdır. Daha şimdiden bilgisayarlar, bölgesel ağlar (LAN) biçiminde bütünleştirilmekte, kişisel bilgisayar sahipleri bu ağlara bağlanarak kendi küçük bilgisayarlarının olanaklarını kat kat aşan veri-işlem gücüne erişebilmektedirler.

Beşinci kuşak bilgisayarlarında bu örgütlenme, çok daha yüksek düzeylere varacak, ülke çapında, hatta uluslararası boyutlarda bilgisayar ağları oluşacaktır. Ortaya çıkacak durum, bir telefon şebekesindeki telefonlara benzetilebilir : Her bilgisayardan, başka her bilgisayara erişmek mümkün olacaktır. İletişim hatları için de varolan telefon hatlarından yararlanmak mümkündür, çünkü yeni bir iletişim ağı kurmak çok masraflı olacaktır, (örneğin ABD'nin kurulu telefon şebekesinin maliyeti, yüz milyar dolardır.) Ayrıca iletişim için uydular ve fiber optik kablolar da kullanılabilir. Bunların bilgi taşıma kapasitesi yeterli düzeylerde. Ancak farklı bilgisayarların birbirleriyle anlaşabilmesini sağlamak, çok zor bazı yazılım sorunlarının çözülmesini gerektirmektedir. Bu sorunlar, özellikle işletme sistemleri ve anlaşma protokolları ile ilgilidir.

Bilgi-Tabanlı Sistemler

Donanım konusundaki bu genel bilgilerden sonra, Japonların donanım konusundaki tasarımlarına gelebiliriz. Öncelikle şunu vurgulamak gerekiyor : Japon tasarımında gerek donanım, gerekse yazılım, üç başlık altında ele alınmaktadır. Donanım için bunlar: 1) Bilgi-tabanı makinesi, 2) Türetim makinesi ve 3) "Akıllı" arabirim makineleridir. Yazılım da bu makineleri işletecek olan : 1) Bilgi-tabanı sistemi, 2) Türetim sistemi ve 3) Arabirim sisteminden oluşmaktadır (Çizim 12). Arabirim makinelerini daha sonra inceleyeceğiz için, burada ilk iki makineyi ele alacağız.

1) Bilgi-Tabanı Makinesi

Bilindiği gibi günümüz bilgisayarları, gerçekte bilgi (İng. "knowledge") değil, veri (İng. "data") işlemektedirler. Diğer bir deyişle işlenen, sayılar ve sayı koleksiyonlarıdır. Oysa gelecekte üstlenmeleri beklenen

ağır görevler açısından, bilgisayarların yalnızca rakam işlemleri yeterli değildir. Büyük miktarlarda, kütüphaneler dolusu bilginin de bilgisayarlarda saklanıp işlenebilmesi gerekecektir.

Böylece bir bilgi tabanı, bir veri tabanının daha genişletilmiş şeklidir. Bir veri tabanı, gerçeklerden ve gerçekler arasındaki ilişkilerden oluşan bir kolleksiyon olarak düşünülebilir. Bu takdirde bir bilgi tabanını da, veri tabanı art) bir kurallar kolleksiyonu olarak düşünebiliriz. Bu kurallar, veri tabanına uygulandıklarında, bilgisayar belleğinde açık olarak saklanmamış bulunan yeni gerçeklerin ve ilişkilerin türetilmesine yarayacaklardır. Bilgi-tabanı makinesi, bu bilgiyi otomatik olarak örgütleyecek, denetleyecek, kullanacak ve yenileyecektir. Kapasitesinin 10-100 milyar byte olacağı düşünülmektedir.

Bilgi-tabanı makinesinin başlıca öğeleri şunlardır :

a) Bilgi-tabanlı işlemlerin gerçekleştirilmesini yöneten bir mekanizma,

b) Bilgi toplama, yenileme ve saklanmış bilgiye erişme ile, benzeri görevleri üstlenen paralel bir mekanizma,

c) Hepsinden önemli olarak, bir "ilişkisel veri-tabanı" makinesi. İlişkisel bir veri-tabanı, verileri aralarındaki ilişkilere göre saklayan ve gerektiğinde, birbiriyle ilişkili verileri bir arada çağırabilen bir veri tabanıdır. Bugün bu tür veri tabanları, özel yazılımlarla gerçekleştirilebilmektedir. Ancak Japonlar, "Delta" adını verdikleri ön-tür makinelerinde bu işlemi donanıma dökmek suretiyle yazılımdan 1000 kez daha hızlı çalışan bir depolama/çağırma elde etmiş bulunmaktadırlar.

2) Problem Çözme ve Türetim Makinesi

Türetim makinesi, bir sonuca varmak için bir mantık silsilesi izleyen bir makinedir. Yani elindeki verilere ve kurallara dayanarak bir çözüm, eylem ya da yol önerir. Türetim makinesi, bugünkü bilgisayarlarda bulunan ana işlem biriminin (CPU) yerini alacaktır. Bu makinenin son noktada, saniyede bir milyon-bir milyar mantıksal türetim (LİPS) yapması beklenmektedir. Günümüz bilgisayarlarında bir mantıksal türetim işleminin yüz ilâ bin adım gerektirdiği düşünülmektedir. Dolayısıyla bir mantıksal türetim/sn, saniyede 100 ilâ 1000 komut (İPS) demektir. Böylece 1 gigalips (giga : 1 milyar) hızındaki bir makinenin, saniyede 10" ilâ 10¹² işlem yapması gerekecektir.

Bu hızlara varabilmek için, paralel işlem yapma gereği ortadadır. Japonlar, bu hedefe doğru adım adım ilerlemeyi düşünmüşlerdir. Japonlar, ilk aşamada paralel değil de, peşpeşe bir türetim makinesi (SİM, ya da ilk aşamada PSİ) yapmışlardır. Bu ön-tür iyice geliştirildikten ve bir "süper-PSİ" elde edildikten sonra, paralel türetim makinesine geçilecektir. Japonlar, bu

tür bin tane makineyi paralel çalıştırabilmeyi ummaktadırlar. Kasım 1984'te Tokyo'da yapılan ikinci BKBS konferansında sergilenen PSİ, henüz 30 kilolips hızındadır. Türetim makinesi de iki alt-birimden oluşmaktadır : Bir sembol işleme makinesi bir de sayısal hesap makinesi.

Projenin son aşamasında, bilgi-tabanı makinesi ile türetim makinesi bütünleştirilecek, böylece bir beşinci kuşak bilgisayarı elde edilmiş olacaktır. İki makine bir arada çalışarak türetim makinesinin o andaki türetimi için gerekli olan bilgiyi derleyecek ve birkaç saniyede, karmaşık problemlerin çözümünü bulacaktır.

III. YAZILIM

Biraz önce belirttiğimiz gibi, donanımı işleten yazılım da, ona paralel olarak üç alanda geliştirilecektir: 1) Bilgi-tabanı yönetim sistemi, 2) Problem çözme ve türetim sistemi ve 3) Akıllı arabirim sistemi.

Bunlardan ilk ikisi, geliştirme çabalarının ağırlık noktasını oluşturmaktadır ve "akıllı" yazılımın kalbidirler. Akıllı arabirim sistemi ise insanlarla ilişkilerin esnek ve pürüzsüz yürütülebilmesi için konuşma, grafik ve görüntüleri işleme yeteneğine sahip olacaktır.

Akıllı programlama yazılımı, programlama yükünün büyük ölçüde bilgisayarlar tarafından devralınmasını sağlayacaktır. Son biçiminde bu yazılım, gündelik anlatımla sunulan problemleri, otomatik olarak yüksekerimli bilgisayar programlarına dönüştürecek ve kullanıcı nasıl çözüleceğine aldırmaksızın, sorunu bilgisayara iletmekle yetinecektir.

Arabirim konusunu ayrı bir başlık altında ele alacağımız için, burada bilgi-tabanı ve türetim sistemlerine değinmekle yetineceğiz. Ancak bundan önce, 5. kuşak bilgisayarlarının temel programlama diline bir göz atalım.

Prolog ve Paralog

Beşinci Kuşak bilgisayarları için Japonlar, hem yüksek-düzeyle bir makine dili ("Çekirdek dil"), hem de temel yazılım betimleme dili olarak Prolog'u seçtiler. Gerek bilgi-tabanı, gerekse türetim makinelerinin programlanmasında bu çekirdek dil kullanılacaktır.

"Mantık programlaması"ndan bir kısaltma olan Prolog, 1971 yılında Marsilya Üniversitesi'nin yapay zekâ bölümünden Alain Colmerauer adında bir Fransız bilgisayar uzmanı tarafından icad edilmiş, daha sonra İskoçya'da Edinburgh Üniversitesi'nde geliştirilmiştir. Sembolik mantığa dayalı bir dil olan Prolog, bilgisayarın çeşitli doğru ya da yanlış tümceler kullanarak mantık türetimleri yapmasını sağlar.

Batı'da yapay zekâ araştırmacıları, genellikle LİSP adı verilen "liste işleme" dilini tercih etmişlerdir. Japon-

ların Prolog'u seçmelerinin iki nedeni vardır: Birincisi, Prolog birleştirme yoluyla düzen ve desenleri eşleştirebilmekte, karşılaştırabilmektedir. İkinci olarak da, bir problemin çözümünü araştırırken, birden fazla seçeneği değerlendirebilmektedir. Bu açılarından Prolog üstünlük arz etmektedir ve LISP'in gelişmiş bir şekli olarak düşünülebilir. Ayrıca, bir dil olarak Prolog'un yapısı peşpeşe olduğu kadar paralel bilgi işlenmesine de elverişlidir ve bu özelliği, Japonlar tarafından seçilmesinde önemli bir etken olmuştur.

Japonlar, peşpeşe üretim makinelerinde (PSI) çekirdek dil olarak Prolog kullanmaktadırlar. Paralel üretim makinelerinde ise, bundan geliştirilmiş "Paralog" (paralel Prolog) kullanılmaktadır.

Ancak Beşinci Kuşak bilgisayarlarını kullanabilmek için, Prolog ya da Paralog öğrenmek gerekmeyecektir. Bu makineler başka programlama dilleriyle de kullanılabilir, son aşamada ise konuşma yoluyla doğrudan doğruya erişim sağlanabilecektir.

Japonlar, 2. BKBS Konferansı'nda sergiledikleri PSI makinesi için "Simpos" adı verilen bir programlama ve işletme sistemi geliştirmişler ve Simpos'u, Prolog'dan geliştirilmiş olan bir mantık-programlama diline, ESP'e dayandırmışlardır. ESP şu anda projenin standart programlama dili haline gelmiştir.

Japonların bu alandaki başarısının anlamı, salt mantık programlamasına dayalı bir bilgisayarın yapılabileceğinin kanıtlanmış olmasıdır. Japonların en önemli başarısı, 5. Kuşak için gerekli olan yeni donanımı, temel yazılımı ve uygulama programlarını bir bütün olarak çalıştırabilmiş olmalarında yatmaktadır.

Bilgi Sistemleri

Beşinci kuşak bilgisayarları, kendilerine verilen problemleri, "bilgi sistemleri" sayesinde çözeceklerdir.

Bilgi sistemleri, bir yanda uzman kişilerin depolanmış bilgi ve deneyimini, öbür yanda problem çözmek için bir üretim makinesini kullanarak, akıl yürütme yapabilen bilgisayar programlarıdır. Bilgi temsili, bilgi edinilmesi ve kalitesinin yükseltilmesi, bilgi sistemleri mimarisi gibi konularla uğraşan yeni mühendislik dalına da "bilgi mühendisliği" denilmektedir.

Bugünün uzman sistemleri, gelecekteki bilgi sistemlerinin birer ön-türü niteliğindedir. Bir "uzman sistem", bilgi ve akıl yürütme teknikleri kullanarak, normalde uzmanlık yeteneği gerektiren konularda problem çözebilen bir bilgisayar programıdır. Bu sistemler, çeşitli bilgilerle bazı temel kuralları ("heuristik") birleştirerek, incelenen olasılık sayısını giderek azaltmak suretiyle çözüme ulaşırlar. Tıp dalındaki uzman sistemler (Örneğin "Mycin" ve "Internist") özellikle başarılı olmuşlardır, fakat uygulamaları başta petrolçülük ol-

mak üzere, birçok alanda sürdürülmektedir. Konunun zorluğuna ve eldeki olanaklara göre günümüzde böyle bir sistem geliştirmek, yedi ay kadar kısa, ya da onbeş yıl kadar uzun sürebilmektedir.

Geleceğin bilgi sistemlerinin önündeki en büyük engel, varolan bilgi ve deneyimlerin bilgisayar belleğine aktarılmasında karşımıza çıkmaktadır. Yazılı ve basılı bilgileri otomatik tarayıcılar aracılığı ile belleğe yazmak mümkün olsa bile, bunların anlamlı biçimde örgütlenmesini sağlamak kolay olmayacak, uzmanlar ise deneyimlerini aktarmakta önemli zorluklarla karşılaşacaklardır. Büyük olasılıkla belli bir daldaki uzmanlar grubu, kendi dallarındaki bilgileri bir makineye yükleyecek, bu "uzmanlaşmış makine"deki bilgi, bilgisayar ağı aracılığı ile diğer kullanıcıların erişimine açık olacaktır. Bilgi mühendisleri daha uzun süre, makinelerle elle giriş yapmak zorunda kalacaklardır.

Kullanıcı Yazılımları

Son yirmi yılda bilgisayar donanımının gücü binlerce kat artmış, fakat programcı verimi ancak iki katına çıkabilmiştir. Bugün bir programcı, günde ortalama 10 satır hatasız program yazabilmektedir. Ayrıca programlar büyüyüp karmaşıklaştıkça, hata ("bug") payı da büyümüş ve bazı sistemlerin on, hatta yüz milyonlarca dolarlık masraftan sonra terkedilmesi gerekmiştir. Kötü yazılmış programların değeri ise, ABD için 200 milyar dolar olarak hesaplanmaktadır. Bazı kuruluşlar, zamanlarının neredeyse % 70'ini, varolan programları düzeltmek ya da yenilemekle harcamaktadırlar.

Bugün yazılım hazırlanması o kadar külfetli ve pahalı bir iş ki, birçok konularda yazılım masrafları donanımına eşit olmakta, hatta onu aşabilmektedir. Öyle ki artık günümüzde yazılım donanımına göre hazırlanmayıp, donanım yazılıma göre tasarılanmaktadır. Öte yandan günümüzdeki programlama olanaklarının tam verimle kullanılmaları bile, masraflarda % 40'tan fazla bir düşüşe yol açmayacaktır.

Sorunun çözümü, daha kullanışlı, yani daha çok ve yaygın olarak kullanılabilen yazılım hazırlamakta yatmaktadır. En önemlisi, bir yazılım, her tip ve çeşit bilgisayarda geçirilebilmeli, yani "portatif" olabilmelidir. Sonuçta bir yazılım kütüphanesinden seçilen çeşitli yazılımlar, eldeki amacı karşılayacak biçimde bir araya getirilip, hedeflenen yazılım inşa edilebilmelidir.

Bu amaçların gerçekleşmesi için, standart ve modüler yazılımların geliştirilmesi gerekmektedir. Standard yazılım paketleri, yapıtaşları gibi bir araya getirilebilecek şekilde (modüler) olmalıdır, öte yandan, otomatik yazılım geliştirme gereçlerine gerek vardır.

Bir problemin yöntem belirmeksizin tanımından, han-

gi yöntemin ne şekilde uygulanacağını adım adım belirlenmesi; bir yazılım tabanından; amaca uygun program parçalarının seçilmesi; kütüphanede bulunmayan program parçalarının otomatik olarak hazırlanması, ayrı ayrı parçaların bütünleştirilmesi; son olarak da elde edilen programın sınanması, gene birtakım başka üretici programlar aracılığıyla gerçekleştirilebilecektir. Diğer bir sorun, paralel işlemcilerin, birlikte çalışacak biçimde programlanması konusudur. Ancak bütün bu alanlardaki zorluklar öylesine çok boyutludur ki, yazılım sorununun çözülmesi, belki donanımından bile daha güç olacaktır.

III. ARABİRİMLER .

1. KONUŞMA VE KONUŞULANI ANLAYABİLME

Gelecekte bilgisayarların yüklenmesi gereken yoğun görevler, aynı zamanda onlarla iletişim kurmanın daha çabuklaştırılmasını ve kolaylaştırılmasını gerektirmektedir. Bu konuda özlemi çekilen hedef, bilgisayarlarla insanların doğal diller aracılığıyla haberleşebilmeleri, yani birtakım yazılı bilgisayar dilleri yerine gündelik konuşma dili ile ve sözlü olarak anlaşabilmeleridir. Bilim-kurgu romanlarının klasik konusu olan böyle bir hedefe yakın gelecekte erişebilmek için, yoğun çabalar sürdürülmektedir.

Konuşan bilgisayar yapmak, konuşulanı anlayabilen bilgisayar yapmaktan göreceli olarak daha kolaydır. Nitekim bugün piyasada, sınırlı bir kelime dağarcığı ile "konuşabilen" bilgisayarlar bulmak mümkündür. Bu bilgisayarların ROM ya da PROM tipi belleklerde sözcükleri saklamakta ve bir ses sentezcisi aracılığı ile ses üretebilmektedirler. Son derece mekanik ve tekdüze olmakla birlikte, bu tür ses üretimi en azından gerçekleştirilebilmiş olma niteliğini taşımaktadır.

Sesli komutları ayırdedebilen oyuncak ve video oyunları da şimdiden vardır. Ancak bunların kelime hazneleri genelde çok kısıtlıdır (10-200 kelime), kelimele- rin tane tane söylenmesini gerektirmektedirler ve her konuşmacı için yeniden "eğitilmeleri" gerekmektedir. Sürekli konuşmaları izlemek ve ayırdedebilmek ise, bugün için gerçekleştirilememiş ve çok zor gerçekleştirilecek bir hedeftir. Burada sorun, iki aşamalıdır : Önce tek tek sözcükleri ayırdedebilmek, sonra da bu sözcüklerin oluşturduğu cümleyi çözmek.

Tek tek sözcükleri ayırdetme işlemi, işin daha kolay yönünü kapsamaktadır. Zamana göre frekansın kaydedildiği ses grafikleri ve frekans tayfı üzerinde yapılan 'spektral çözümleme', sesli hecelerin ayırdedilebilmesine yaramaktadır. Bir dildeki heceler sonlu sayıda olduklarından, sesi en iyi karşılayan hecenin bulunması için bir tarama yapılmaktadır.

Sürekli konuşma tanıma konusunda DARPA'nın

1971'de başlattığı 15 milyon dolarlık proje, konuya ilginin artmasına ve özellikle Carnegie-Mellon Üniversitesi'nde araştırmaların yoğunlaşmasına yol açmıştı. Projenin 1976'da bitmesinden sonra ilgi gevşemiş ve araştırmalar sınırlı bir düzeyde kalmıştır. Yalnızca IBM şirketi, bu konudaki incelemelerini etkin biçimde sürdürmüştür. IBM'in yöntemi bilişim kuramına dayanan bir yaklaşımdır : Konuşmacı ve akustik çözücü, gürültülü bir iletişim kanalı olarak modellenmekte ve herhangi bir giriş sinyali için en uygun ses karşılığını veren sözcükler, olasılıklarına göre sıralanmaktadır. Aynı anda, bu sözcüklerin mantıksal olarak cümlelerin bu kısmında geçme olasılıkları da daha önceki sözcük varsayımlarına göre hesaplanmakta ve toplam olasılık, bu iki olasılığın çarpımı olarak elde edilmektedir. Toplam olasılığı en yüksek olan sözcük seçilmekte ve işlem devam etmektedir. Sözcükler arasında duraklama olduğundan bu, bir sürekli konuşma sistemi değildir. Ancak altı ayrı konuşmacı ve 5000 kelimelik bir hazne ile elde edilen başarı düzeyi % 95'lik bir tanıma oranıdır ki, hiç de azımsanacak türden değildir.

Ancak tek tek sözcükler çözülsün bile, bir cümle- nin anlamını sökmek çok daha zor olmaktadır. Burada engellerden birisi, cümlelerin gramer yapısıdır. Sözcükler, cümle içinde geçtikleri yere göre anlam ve önem kazanabilirler. Diğer bir sorun, bir sözcüğün gerçekte tek anlamlı olmayıp, birden fazla anlamlara çekilebilmesidir. Bu durumda cümle- nin gelişinden hangi anlamın kastedildiğini çıkartmak gerekmektedir, fakat bu işlem çok zor olmaktadır. Otomatik çeviri makinelerinin önündeki en büyük engel bu olduğu gibi, insan- makine iletişiminde yanlış anlamalar yaratabilecek temel bir sorun da budur.

Konuşmaları yazabilen bir otomatik daktiloya gelince, böyle bir aygıt hangi niteliklere sahip olmalıdır? Önce, geniş bir kelime haznesi içermesi istenecektir. Bu durumda ise birbirine benzer sesli sözcükler artmakta ve aralarında bir seçim yapma işlemi, zorlaşmaktadır. Makine konuşmacıdan bağımsız olmalıdır. Bunun için de henüz gerçekleştirilememiş bir iş başa- rılmalı, konuşmacıya göre değişmeyen birtakım ses ve konuşma özellikleri saptanabilmelidir. Bir yanlış anlama durumunda, makine bunu saptayıp, gerekirse bir insan gibi sorma yoluyla bunları düzeltebilmelidir. Son olarak sistem, normal konuşma hızında yazı yazabilmeli ve birkaç bin dolardan fazla tutmamalıdır. Bu hızda yazı yazmak için de 100 milyon İPS'lik bir bilgi işlem gücüne gerek vardır, özel amaçlı VLSI yon- gaları ile bu ihtiyaç giderilebilir.

Sonuç olarak şu söylenebilir : Konuşulan her şeyi yüzde yüz doğrulukla değerlendirebilen bir makine, çok uzak bir olasılıktır. Buna karşılık, oldukça geniş

bir kelime haznesi olan ve büyük bir doğrulukla yazım ve çsviri yapabilen makineler, yavaş yavaş gerçekleştirilebilir. Bu sayede 1990'lı yıllarda sınırlı yazım yapabilen otomatik daktilolar geliştirilmiş olabilecektir.

2. BİLGİSAYAR GÖRÜŞÜ VE DESEN TANIMA

İnsanlar, karmaşık görüntüleri bir anda değerlendirip kavrayabilirler. Bilgisayarlar ise ancak çok kısıtlı koşullarda bunu yapabilmektedirler. Ayırdedebilme yetenekleri, iki boyutlu siyah-beyaz görüntülerle sınırlıdır. Şu an için bilgisayarların, insan gözü ve beyinin yeteneklerini taklit eden ya da onlara yaklaşan bir görüş elde edebilmeleri, çok uzak bir olasılıktır.

Bu durumun çeşitli nedenleri vardır, öncelikle, gelen bilgiler üç boyutlu olarak değerlendirilmemektedir. İkinci olarak, karanlık bir bölge, ışık azlığından, cisimdeki bir eğiklikten ya da cismin ışığı az yansıtmasından ileri gelebilir. Neyin görülmekte olduğu ayırdını yapabilmek, birçok durumda yorum gerektirmektedir. Bu ise hem çeşitli nesnelere (evler, otomobiller, yollar, ağaçlar vs.) hakkında, hem de bunların hangi biçimlerde bir araya gelebilecekleri hakkında bilgi sahibi olmayı gerektirir.

Görme işlemi, ayrıca büyük bir bellek ve çok sayıda hesap gerektirmektedir. 1000x1000 noktacıktan (piksel) oluşan bir resim için, en basit işler bile 10^8 işlem gerektirebilir. İnsan gözündeki retina tabakasında ortalama 100 Hertz hızla çalışan 10^8 hücre vardır ve bunlar bir arada saniyede en az on milyar işlem yaparlar. İnsan beynindeki görme korteksinin yetenekleri ise, kuşkusuz daha da üstündür. Bu işlem hızına çıkan çok sayıda paralel elemanlı bilgisayar yapıldığında, üç boyutlu görüntülerin gerçek zamanda değerlendirilebileceği umulmaktadır.

Desen tanıma savunmada işe yarayacağından, konu ile askeri çevreler yoğun biçimde ilgilenmişlerdir. Karmaşık bir zemin üzerinde tankları ayırdeden karşılaştırma cihazları yapılmış bulunmaktadır. Böyle cihazlar, belleklerinde saklanan bir şekil ile esas görüntüyü karşılaştırıp, o şeklin görüntüde bulunup bulunmadığını saptarlar. Ancak bu şekil ile görüntüdeki karşılığı arasında en ufak bir farklılık, görüntünün tanınmamasına yol açmaktadır.

ABD'de Carnegie-Mellon Üniversitesi'nde geliştirilen diğer bir yöntem, cisimlerin anahatlarını çizmek suretiyle onları tanımaya dayanmaktadır. Japonların geliştirdiği üçüncü bir yöntemde ise, görüntü küçük karelere bölündükten sonra ortak renk ve özellikteki kareler birleştirilmekte, binaları ve diğer şekilleri tanımak için bunların tipik özelliklerinden yararlanılmakta ve sonuçta görüntü, tanınmış ve isimlendirilmiş bölgelere ayrılmaktadır.

Üç-boyutlu görme sorunu, henüz çözümlenmiş olmaktan çok uzaktır. Genel amaçlı sistemler için, dış dünya hakkında çok daha fazla bilginin programlara kodlanması gerekecektir. Saniyede on milyar işlem yapabilen bilgisayarların geliştirilmesiyle, bu konuda bir şeyler yapma olanağı doğabilecektir.

SONUÇ

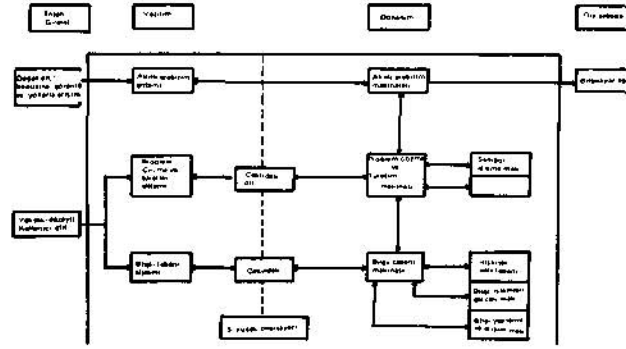
Sonuç olarak, Beşinci Kuşak bilgisayarları ve bu alandaki Japon girişimi hakkında ne söyleyebiliriz?

Açıkça görünen ilk gerçek, 5. Kuşak Projesi'nin hedeflerinden yalnızca bir bölümünün gerçekleşmesi halinde bile çok önemli gelişmelerin elde edilmiş olacağıdır. Nitekim bu projeyi destekleyenler, her alanda sonuca muhakkak verilen süre zarfında erişecekleri varsayımı ile yola çıkmamışlardır. Japonların düşüncesine geniş kapsamlı bir güçlüdür ki, küçük bir kısmının (örneğin bir otomatik çeviri makinesinin) gerçekleştirilmesi, önemli bir ilerleme sayılabilecektir. Zaten başta Batı olmak üzere bütün dünyada yankı uyandırmış olması ve onu peşinden sürüklemesi de, bu niteliğinden kaynaklanmıştır.

İkinci olarak, Japonların girişimi, ilgili bütün çevrelerce onaylanmış, alkışlanmıştı. Bu sonuç, doğrudan doğruya birinci sonuca bağlıdır. Nitekim olaya uluslararası rekabet ve çatışma gözlüğünden bakanlar bile, Japonları takdirle izlemekten kendilerini alamamışlardır. Uzay yarışı nasıl, süper devletlerin güreş alanı olmasına karşın aya insan indirmek suretiyle bütün insanlığa mal olmuşsa, Beşinci Kuşak bilgisayarları da tüm insanlığın geleceği için olumlu katkıda bulunabilecek bir projedir.

Ancak unutulmaması gereken nokta, Japon projesi tüm hedeflerine ulaşsa bile, elde edilecek sonucun salt teknolojik bir gelişme olduğudur. En ilkelinden en gelişmişine kadar teknolojinin tüm ürünleri, sonuçta sağladıkları yarar açısından, insanların onları nasıl kullandıklarına bağlıdır. Beşinci Kuşak bilgisayarları mutlu bir dünya toplumu kurmaya yarayabilecekleri gibi insanlığı ve dünyayı yok etmeye yarayacak bir "kıyamet savaşı"ni yönetmekte de kullanılabilirler. Nedenli üstün bir teknolojiyi temsil ederlerse etsinler, onları iyiye ya da kötüye kullanacak olanların insanlar olduğu, hiçbir zaman hatırdan çıkarılmamalıdır. Uygarlığın üstün maddesel ürünlerinin gözleri kamaştırdığı günümüzde bu, ne yazık ki çok kolaylıkla ikinci plana itilen, hattâ tümünden unutilan bir gerçektir.

Bu nedenle Japonların "yeni bir toplum ve yeni bir kültür" geliştirme çabaları, maddesel/teknolojik düzeyde sonuç verse bile, ona paralel bir mânevi/ahlâksal dönüşüm olmaksızın, kaçınılmaz olarak yarım ve eksik kalacaktır.



ÇİZİM 12. Bir Beşinci Kuşak bilgisayarının basit şeması. Bu-
günün bilgisayarlarıyla kıyaslandığında, bu bilgisayarı-
nın üretim makinesi, ana işlem birimi (CPU); bilgi-tabanı
makinesi, ana bellek, hayali bellek ve
kütük deposu arasında bir tümleşime; akıllı arabi-

rimler ise bugünün olağan giriş/çıkış çevre birim-
lerine karşılık gelmektedir. Bilgisayar kendi kendi-
ni programlayabilecek, mantık türetimleri yapabi-
lecek ve başka bilgisayarlarla haberleşebilecektir.

KISALTMALAR

- MİTİ : Ministry of International Trade and Industry (Uluslararası Ticaret ve Endüstri Bakanlığı)
- ICOT : Institute of New-generation Computer Technology (Yeni Kuşak Bilgisayar Teknolojisi Enstitüsü)
- IC : Integrated Circuit (Tümleşik Devre)
- LSI : Large-Scale Integration (Büyük Çapta Tümleşim)
- VLSI : Very Large Scale Integration (Çok Büyük Çapta Tümleşim)
- DARPA: Defense Advanced Research Projects Agency (Savunma İleri Araştırma Projeleri Ajansı)
- Esprit : European Strategic Program for Research and Information Technology (Araştırma ve Bilişim Teknolojisinde Avrupa Stratejik Programı)
- MCC : Microelectronics and Computer Technology Corp. (Mikroelektronik ve Bilgisayar Teknolojisi Şti)
- CAD : Computer Aided Design (Bilgisayar Yardımıyla Tasarım)
- CAM : Computer Aided Manufacturing (Bilgisayar Yardımıyla üretim)
- SRC : Semiconductor Research Cooperative (Yarı iletken Araştırma Kooperatifi)
- MCNC : Microelectronics Center of North Carolina (Kuzey Carolina Mikroelektronik Merkezi)
- MISC : Microelectronics and Information Sciences Center (Mikroelektronik ve Bilişim Bilimleri Merkezi)
- VHSIC : Very High Speed Integrated Circuits (Çok Yüksek Hızlı Tümleşik Devreler)
- SISD : Single-instruction, single-data (Tek-komut, tek veri).
- SIMD : Single-instruction, multiple-data (Tek-komut, çok-veri)
- MIMD : Multiple-instruction, multiple-data (Çok-komut, çok-veri)
- LAN : Local Area Network (Bölge ağı)
- IPS : Instructions per second (Saniyede yapılan işlem)
- LIPS : Logical instructions per second (Saniyede yapılan mantıksal işlem)
- SIM : Sequential Inference Machine (Peşpeşe Üretim Makinesi)
- PSI : Personal Sequential Inference (Kişisel peşpeşe üretim)

- Prolog : Programming in Logic (Mantık Programlaması)
- Paralog : Parallel Prolog (Paralel Prolog)
- ESP : Extended Self-contained Prolog (Genişletilmiş, kendine yeterli Prolog)
- LISP : List Processing (Liste işleme)
- ALU : Arithmetic and Logic Unit (Aritmetik ve Mantık Birimi)
- RAM : Random Access Memory (Rastgele Erişimli Bellek)
- Flops : Floating-point operations per second (kayan nokta işlemi/saniye).
- MRED : Mago Reduction (Mago indirgeme)
- CPU : Central Processing Unit (Ana İşlem Birimi)
- ROM : Read-Only Memory (Salt Okunabilir Bellek)
- PROM : Programmable Read-Only Memory (Programlanabilir ROM)
- HEMT : High Electron-Mobility Transistor (Yüksek Elektron Akışlı Transistör)

KAYNAKLAR

- Eric J. Lemer, "Data-flow architecture", **IEEE Spectrum**, Nisan 1984, 57-62.
- "The race to build a supercomputer", **Newsweek**, 4 Temmuz 1983, s. 28-34.
- "Machine of the year: The computer moves in", **Time**, 3 Ocak 1983, s. 4-24.
- Time**, 1 Ağustos 1983, "Japonya" özel Sayısı.
- Jack F. McDonald et. al., "The trials of wafer-scale integration," **IEEE Spectrum**, Ekim 1984, s. 32-39.
- Computer**, Mart 1984, "Japon Bilgisayar Teknolojisi ve Kültürü" özel Bölümü.
- Philip C. Treleven ve Isabel Gouveia Lima, "Japan's fifth generation computer systems", **Computer**, Ağustos 1982, s. 79-88.
- IEEE Spectrum**, Kasım 1983, "Gelecek Kuşak" özel sayısı.
- Hadis Morkoç ve Paul M. Solomon, "The HEMT: A super-fast transistor", **IEEE Spectrum**, Şubat 1984, s. 28-35.
- Tom Manuel, "Cautiously optimistic tone set for 5th generation", **Electronics Week**, 3 Aralık 1984, s. 57-63.