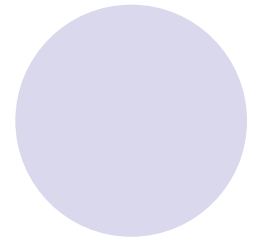
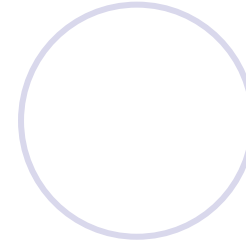
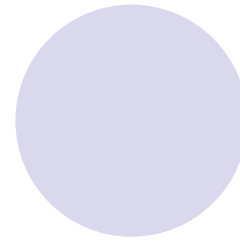
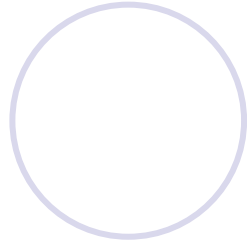
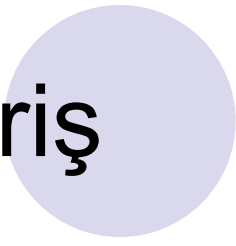


Yonga Üstü İletişim Ağı NoC Network-on-Chip

Tevfik Yapıcıoğlu

Bilgisayar Mimarisinde
Yeni Yaklaşımlar
Güz 2007

Giriş



● Yonga tasarımında 4 yön var:

○ İşlemci

○ Bellek

○ **İletişim**

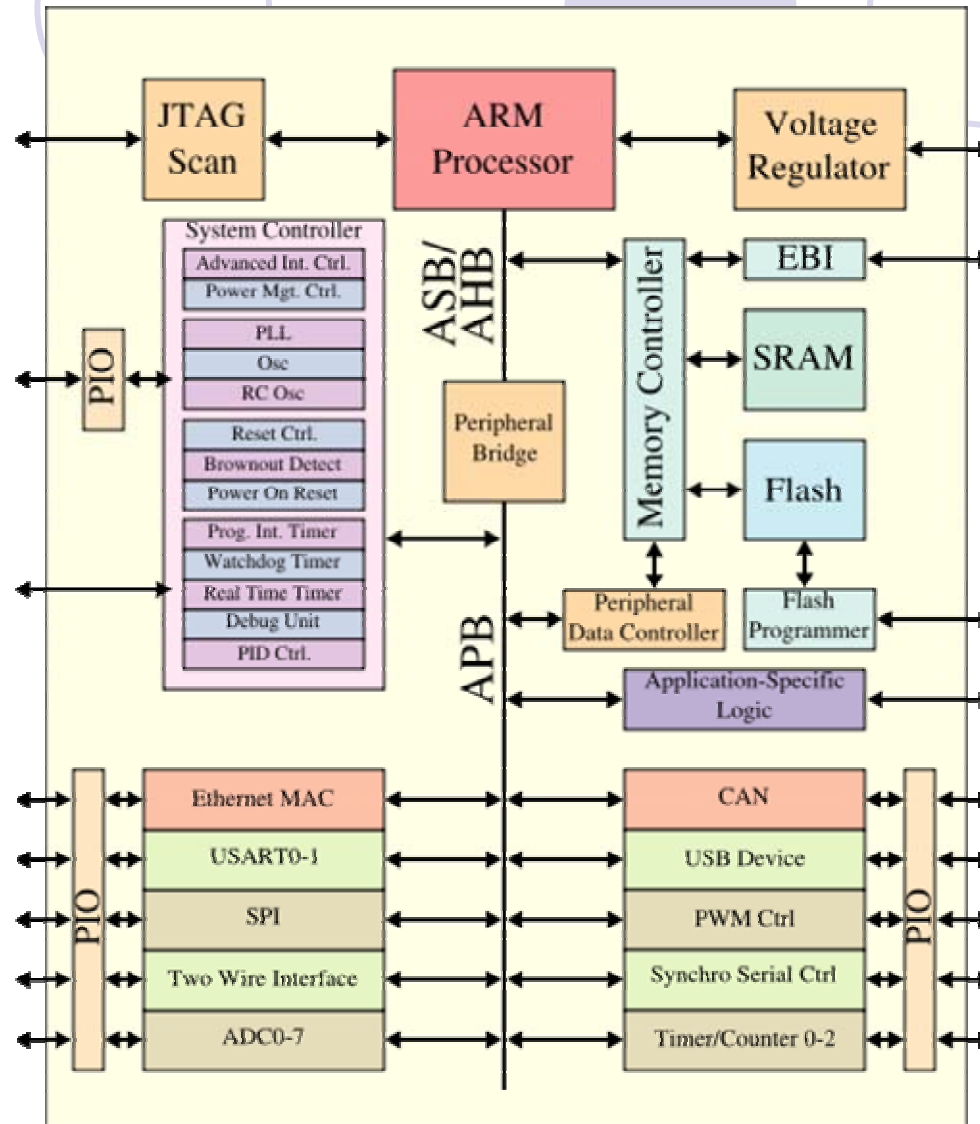
○ Giriş/Çıkış

SoC



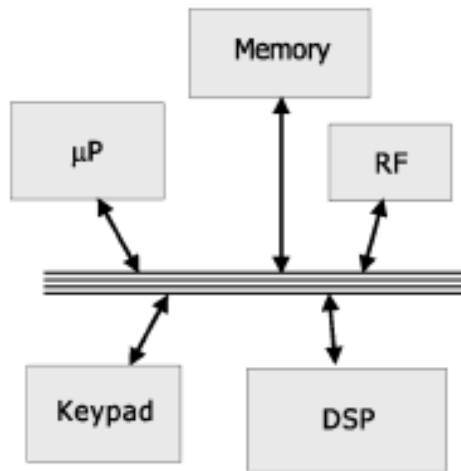
- Yonga üstü sistem (System-on-Chip)
- Tüm bileşenler tek bir yonga üzerinde
 - Mikroişlemci/denetleyici
 - Bellek blokları
 - Saatler
 - Arayüzler
 - Güç devreleri
 - ...
- Ortak yol üzerinden haberleşme

SoC

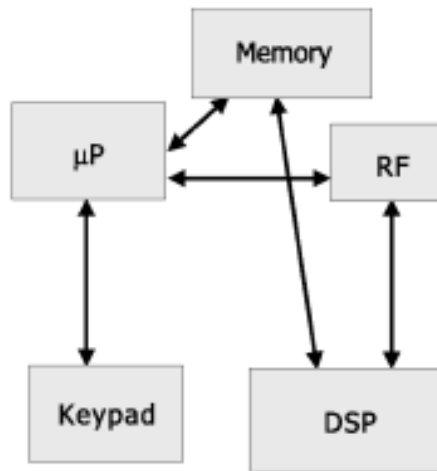


SoC

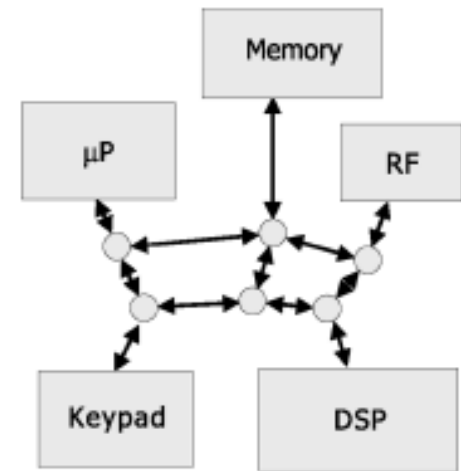
- SoC içi iletişim biçimleri



a) bus



b) point-to-point

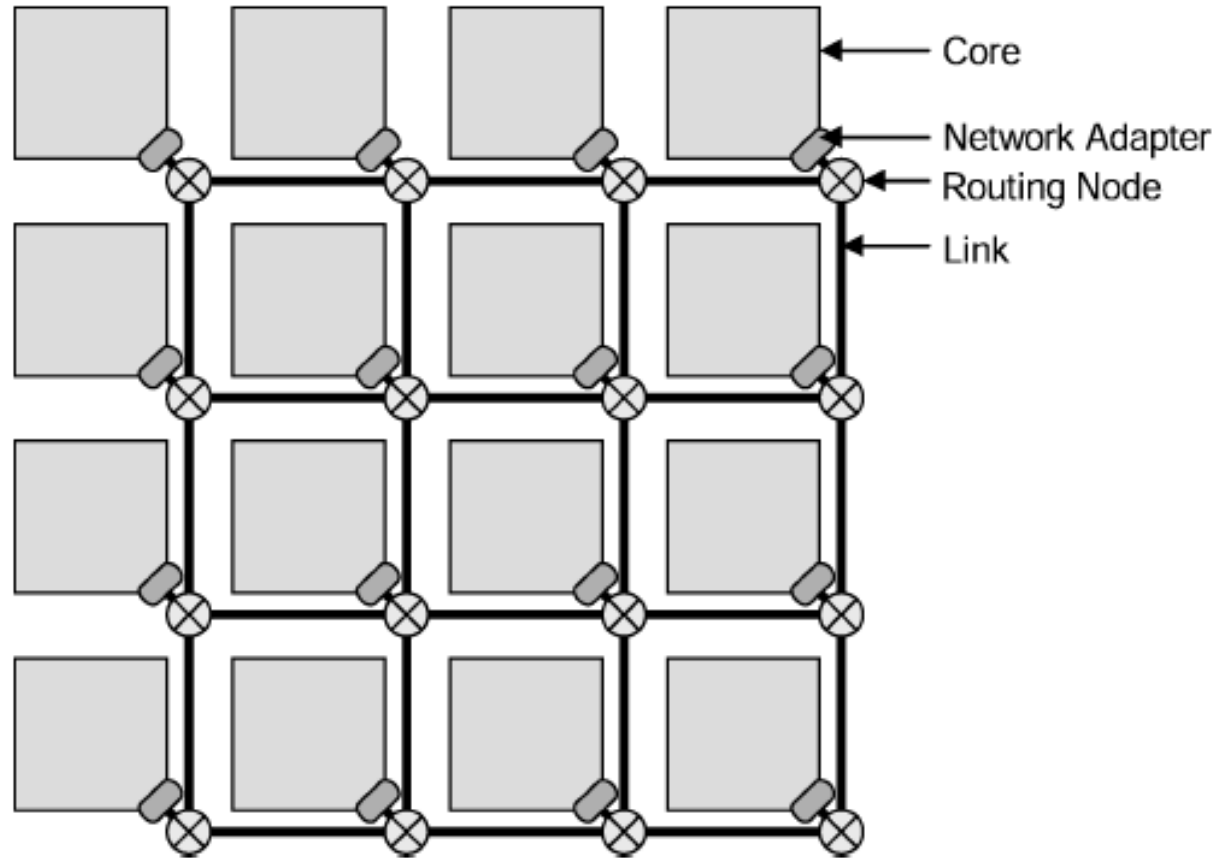


c) network

NoC

- Hesaplama merkezli tasarımdan, iletişim merkezli tasarıma geçiş
- Ölçeklenebilir iletişim mimarilerinin gerçekleşmesi
- SoC'a eklenti
- Ağ teknolojilerinin yongaya özgü güç ve yer kısıtlarına göre uyarlanması

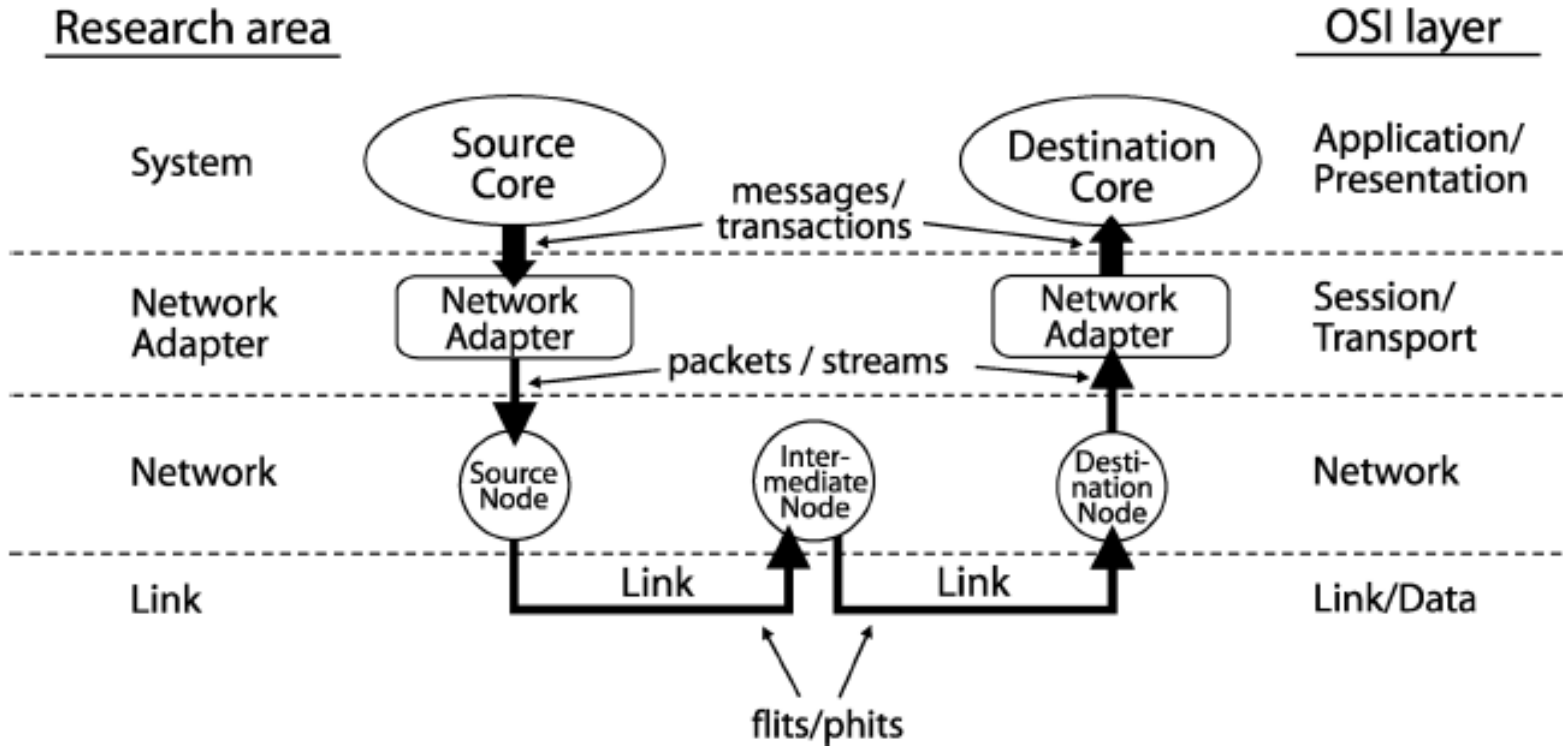
NoC'un bileşenleri



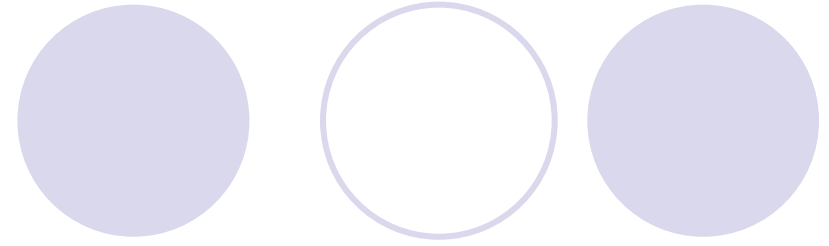
NoC'un bileşenleri

- Çekirdek (IP blok): Yonga üstündeki elemanlar. IP (Intellectual Property / Fikri Mülkiyet) bloğu olarak da adlandırılırlar.
- Ağ bağdaştırıcısı: Çekirdeklerin NoC'a bağlanmasını sağlarlar. Çekirdeklerdeki işlem ile ağ üzerindeki iletişimi birbirinden soyutlarlar.
- Yönlendirici düğüm: Verilerin seçilen protokole göre yönlendirilmesini sağlarlar.
- Bağ: Düğümler arası fiziksel bağlantıyı oluştururlar. Bir veya daha fazla kanaldan oluşabilirler.

NoC katmanları



Sistem katmanı

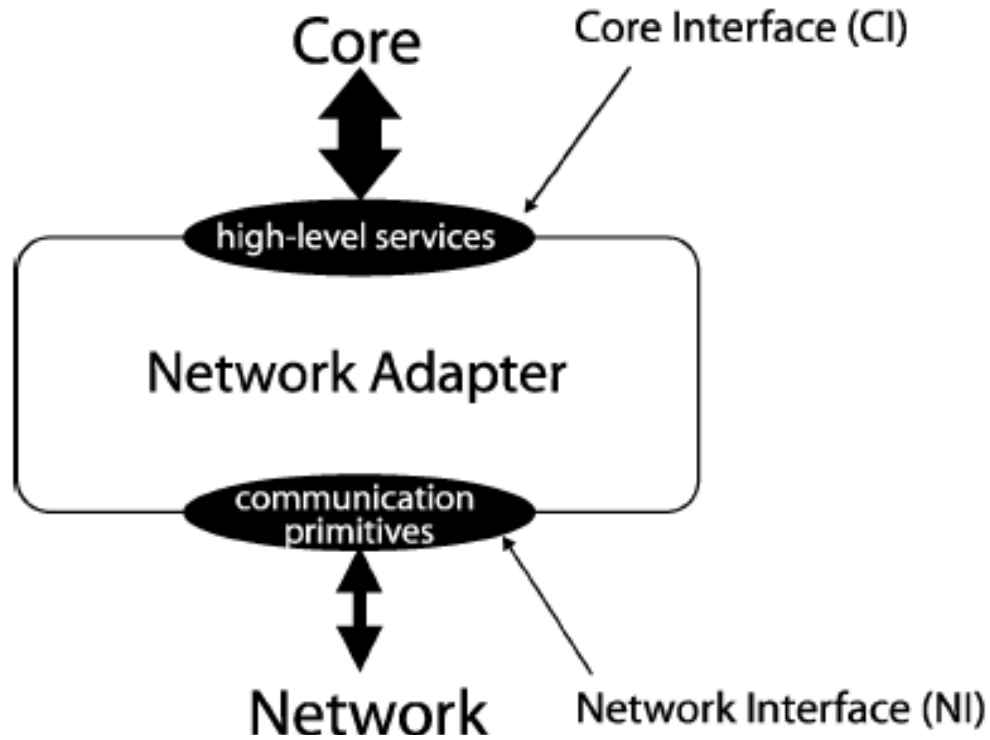


- Uygulamaları ve genel mimariyi kapsar.
- İletişim ağından tamamen soyutlanmıştır.
- Bu sayede hiçbir değişiklik yapılmadan farklı iletişim mimarisine geçiş sağlanabilir.

Bağ katmanı

- En küçük iletişim birimlerinin olduğu düzeydir.
- Düğümden düğüme fiziksel iletimin kotarılmasını sağlar.

Ağ bağdaştırıcı katmanı



Ağ bağdaştırıcı katmanı



- Uçtan uca akış denetimini sağlar.
- İletişim ağıyla ilişkili ilk katmandır.
- Çekirdekle ağı birbirinden soyutlar.
- İki arayüzü var:
 - Çekirdek arayüzü
 - Ağ arayüzü

Soket

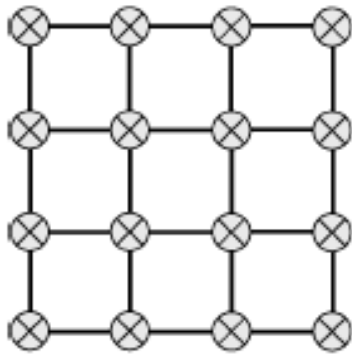
- Çekirdeğin bağlı olduğu tek düzene
- OCP: Açık Soket Protokolü (Open Socket Protocol)
 - Çekirdek arayüzü için esnek protokoller
 - Mimariden bağımsız yeniden kullanılabilirlik
 - Maliyet : Mesaj iletiminde %50 yavaşlama

Ağ katmanı

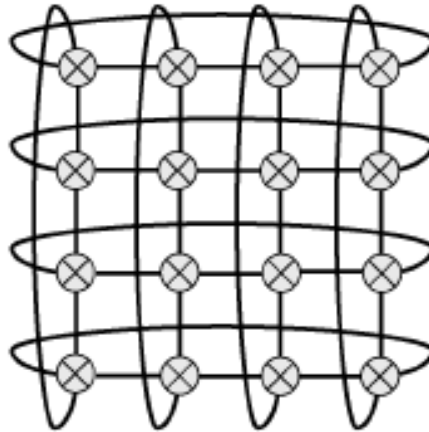


- Mesajların kaynak düğümden hedef düğüme yönlendirilmesini sağlar.
- Bileşenleri
 - Yönlendirme protokolleri
 - Topoloji
 - Düğümden düğüme akış denetimi

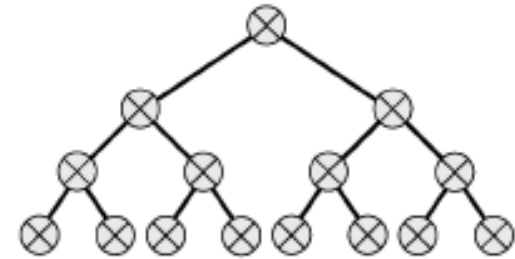
Düzenli topolojiler



(a) Mesh

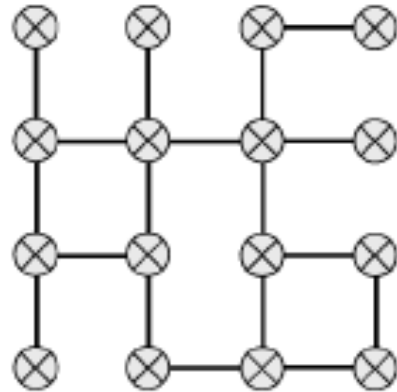
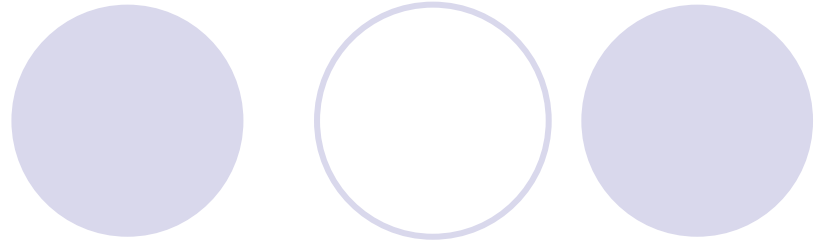


(b) Torus

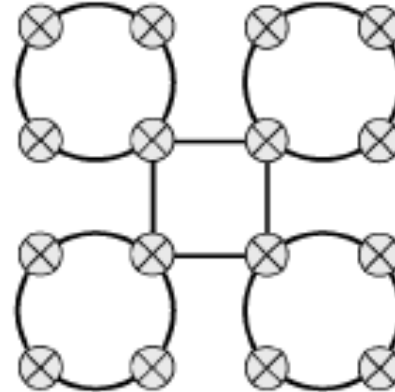


(c) Binary Tree

Düzensiz topolojiler



(a) Irregular Connectivity



(b) Mixed Topology

Kümeleme

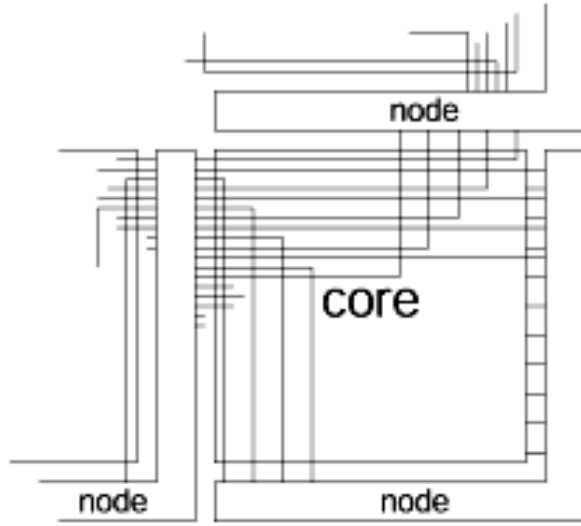
- Çekirdekler, trafik türü ve miktarına göre, uygun şekilde kümelenebilirler.
- Trafikte yöresellikten faydalanılır.
- İletişim maliyeti azalır.
- Güç tüketimi azalır.

Doğrudan / Dolaylı Ağ

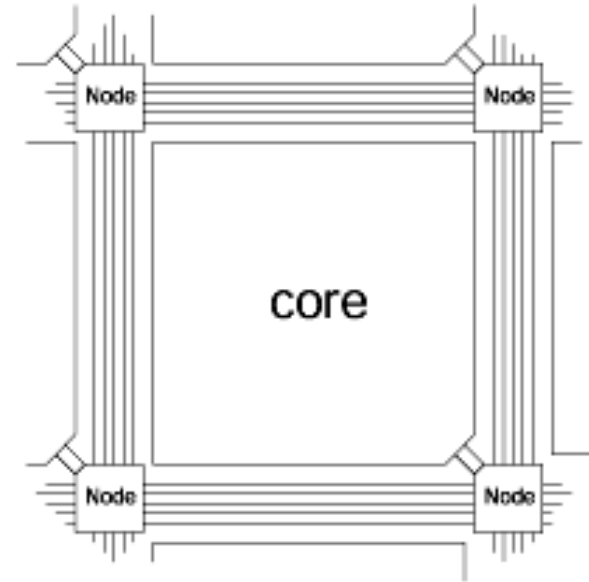


- Doğrudan ağ: Her yönlendirici düğüm en az bir çekirdeğe bağlıdır.
- Dolaylı ağ: Bazı düğümler sadece diğer düğümler arası bağlantıyı sağlar. Hiçbir çekirdeğe doğrudan bağlı değildir.

İnce / Kare Anahtar

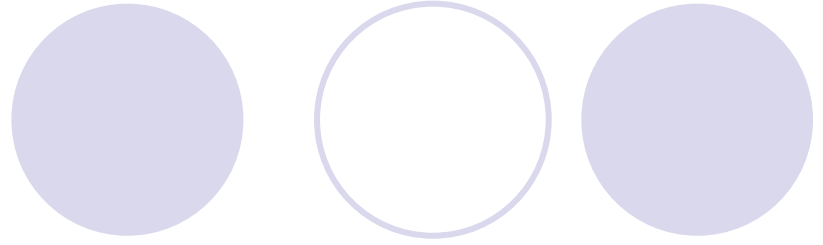


Thin Switch



Square Switch

İnce / Kare Anahtar



- İnce anahtar: Yonga üzerinde daha az yer kaplar.
- Kare anahtar: Daha iyi bant genişliği sağlar.

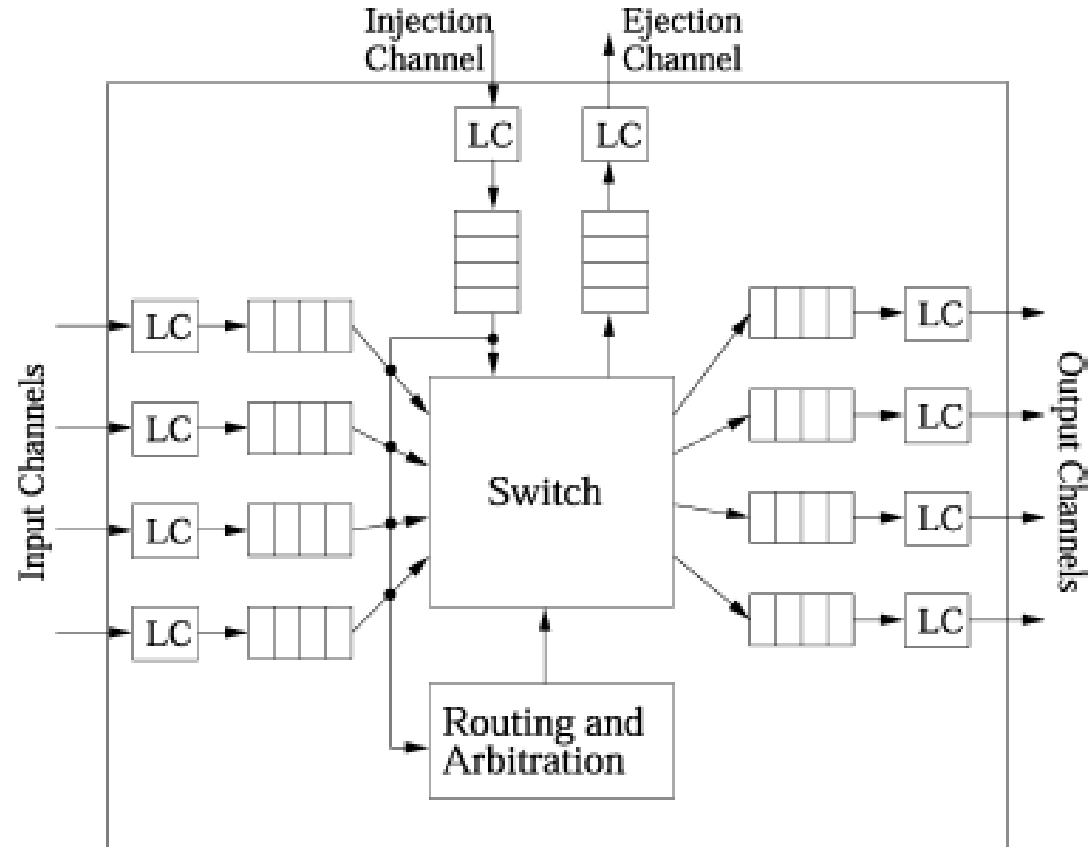
Protokol

- Verinin NoC boyunca yönlendirilme stratejisini belirler.
- Verinin üzerinden iletileceği noktaları belirler.

Protokol bileşenleri

- Devre anahtarlama / Paket anahtarlama
- Bağlantılı iletişim / Bağlantısız iletişim
- Deterministik yönlendirme / Adaptif yönlendirme
- Minimal yönlendirme / Minimal olmayan yönlendirme
- Gecikmeli model / Kayıplı model
- Merkezi denetim / Dağıtık denetim

Genel yönlendirici modeli



Bağlantılı / Bağlantısız İletişim

- Hizmet gerekliliklerine göre tercih değişebilir.
 - Garantili hizmet: Bağlantılı iletişim
 - Elden gelenin en iyisi: Bağlantısız iletişim
- Bağlantısız iletişim NoC'ta daha başarılı
 - Daha düşük uçtan uca gecikme
 - Bir akışa yanlış hizmet sınıfı atandığında daha başarılı ve kararlı

Deterministik / Adaptif Yönlendirme

- Deterministik protokoller NoC'ta daha başarılı:
 - Kararlı başarımlar
 - Gerçekleme kolaylığı

Paket / Devre Anahtarlama

- Paket anahtarlama NoC'ta daha yaygın
 - Bağlar daha verimli kullanılır.
- Gecikme tabanlı iletişim modeli yaygın
 - Kaybedilen paketlerin bilgisini tutmak zor
 - Bellek masrafı
 - Kaybedilen paketlerin tekrar iletimi zor
 - Güç masrafı

Düğümünden düğüme yönlendirme

- 2 şekilde yapılır:

- Sakla-ve-ilet

- Paketin tamamı alınana kadar saklanır, daha sonra başlıktaki bilgiye göre iletilir.

- Solucan deliği

- Paketin başlığı alınıp hedef düğüm belirlenir belirlenmez, paket iletmeye başlanır. Böylece paket anahtarlama kullanılırken devre anahtarlama düzeyinde bir gecikmeyle iletim sağlanır.

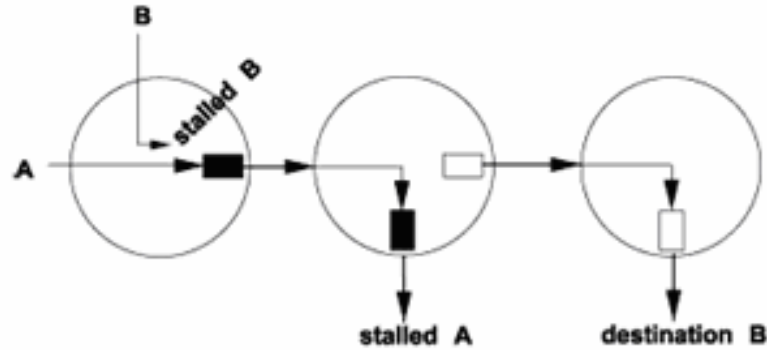
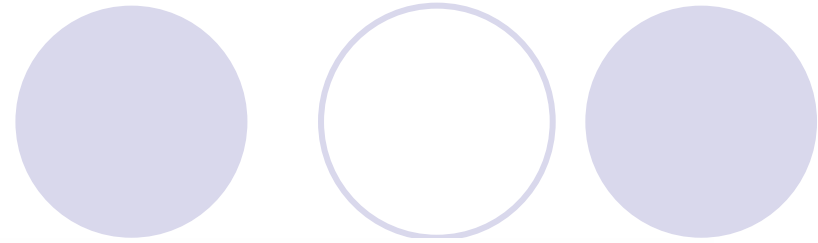
Düğümünden düğüme yönlendirme

- NoC'ta yaygın olan yöntem
 - Solucan deliği
 - Daha düşük gecikme
 - Daha az tampon kullanımı
 - Daha az yer kaplar
 - Kilitlenme sorunu
 - Paketin gecikmesi ve yolu kesmesi
 - Çözmek için ters yönde sonlandırma paketi yollanır ve paket kaybedilir, daha sonra yeniden iletilir.

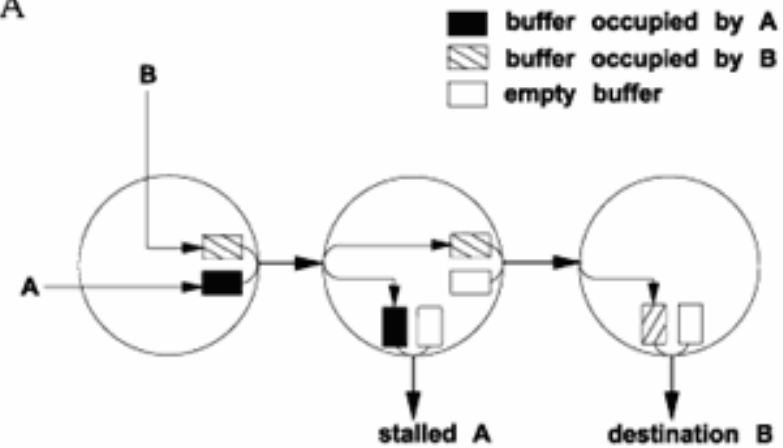
Sanal kanallar

- Akış denetimini sağlamak için kullanılır.
 - Ağ kaynaklarını düzgün kullanımını sağlayıp kararlı başarımı korur.
- Fiziksel bağlar mantıksal kanallara bölünür.
- Güç tüketimi ve gereken yonga alanı artar.
- Ölümcül kilitlemeler engeller, tel kullanımını optimize eder, genel başarımı artırma, sınıflandırılmış hizmet sağlar...

Ölümçül kilitleme



Incomming data stream B is stalled by stream A



Virtual channels allow stream B to pass stalled stream A

Tamponlama

- Yonga alanı gerektirir.
 - NoC'ta en az seviyede kullanılmalıdır.
- Başarımı artırır.
- DAMQ (Dynamically Allocated Multiqueue / Dinamik Tahsis Edilen Çoklu Kuyruk)
 - Herhangi bir pakete sırasız olarak erişilip iletilebilirken gelen paketler de boş yerlere yerleştirilebilir.

NoC uygulamaları



- SPIN (Scalable Programmable Integrated Network) – 2000
- ETHEREAL – Philips, 2001
- NOSTRUM – KTH, 2002
- CHAIN (CHip Area INterconnect) – 2002
- XPIPES – 2003
- MANGO (Message passing Asynchronous Network-on-chip providing Guaranteed Services over OCP interfaces) – 2005

Sonuç



- Hedef, işlem (hesaplama) temelli bir yapıdan iletişim temelli bir yapıya geçiş
- Bilgisayar ağları düzeyindeki çok gelişmiş ağ teknolojilerini yonga düzeyinde uygulamak zor
- Mimari, yonga üstü iletişimde kullanılabilmek için basit ve kolay uygulanabilir olmalı
- Yonga üstü iletişim için tasarlanan bir mimari düşük güç tüketmeli ve fazla yer kaplamamalı
- Sistem gereksinimleriyle güç tüketimi ve alan kullanımı arasında bir ödünleşim var.

Kaynaklar

- Bjerregaard, T., Mahadevan, S., “A survey of research and practices of Network-on-chip”. ACM Computing Surveys 2006 Vol. 38, Iss. 1, 2006, Article 1
- Benini, L., Micheli, G. D. 2001. Powering network-on-chips. In The 14th International Symposium on System Synthesis (ISSS). IEEE, 33–38.
- Haverinen, A., Leclercq, M., Weyrich, N., Andwingard, D. 2002. SystemC based SoC communication modeling for the OCP protocol. White paper. <http://www.ocpip.org>.
- Ost, L., Mello, A., Palma, J., Moraes, F., Calazans, N. 2005. MAIA—a framework for networks on chip generation and verification. In Proceedings of the Asia and South Pacific Design Automation Conference (ASP-DAC). IEEE.
- Pande, P., Grecu, C., Jones, M., Ivanov, A., Saleh, R. 2005. Effect of traffic localization on energy dissipation in NoC-based interconnect. In International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS). IEEE, 1774–1777.
- Kumar, S., Jantsch, A., Soinenen, J.-P., Forsell, M., Millberg, M., Oberg, J., Tiensyrja, K., Hemani, A. 2002. A network-on-chip architecture and design methodology. In Proceedings of the Computer Society Annual Symposium on VLSI (ISVLSI). IEEE Computer Society, 117–124.
- Neeb, C., Thul, M., Wehn, N. 2005. Network-on-chip-centric approach to interleaving in high throughput channel decoders. In International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS). IEEE, 1766–1769.
- Gaughan, P. T., Dao, B. V., Yalamanchili, S., Schimmel, D. E. 1996. Distributed, deadlock-free routing in faulty, pipelined, direct interconnection networks. IEEE Trans. Comput. 45, 6 (June) 651–665.