

VERİ BAĞLANTI KONTROL PROTOKOLLERİ

Chapter 7 – Data Link Control Protocols

Eighth Edition
by William Stallings

Lecture slides by Lawrie Brown

Veri Bağlantı Kontrol Protokolleri

Ten-teh sersemliği geçince “büyük ve aydın biri.” dedi ve ekledi “Bu adam aklı kar ve kum görüntüleriyle şartlanmışken ve dili srmşken mesajını iyi bir şekilde yerine ulaştırdı mı?”

“Kral “Kulağını duvara daya ve emin ol” dedi.

—Kai Lung's Golden Hours, Earnest Bramah

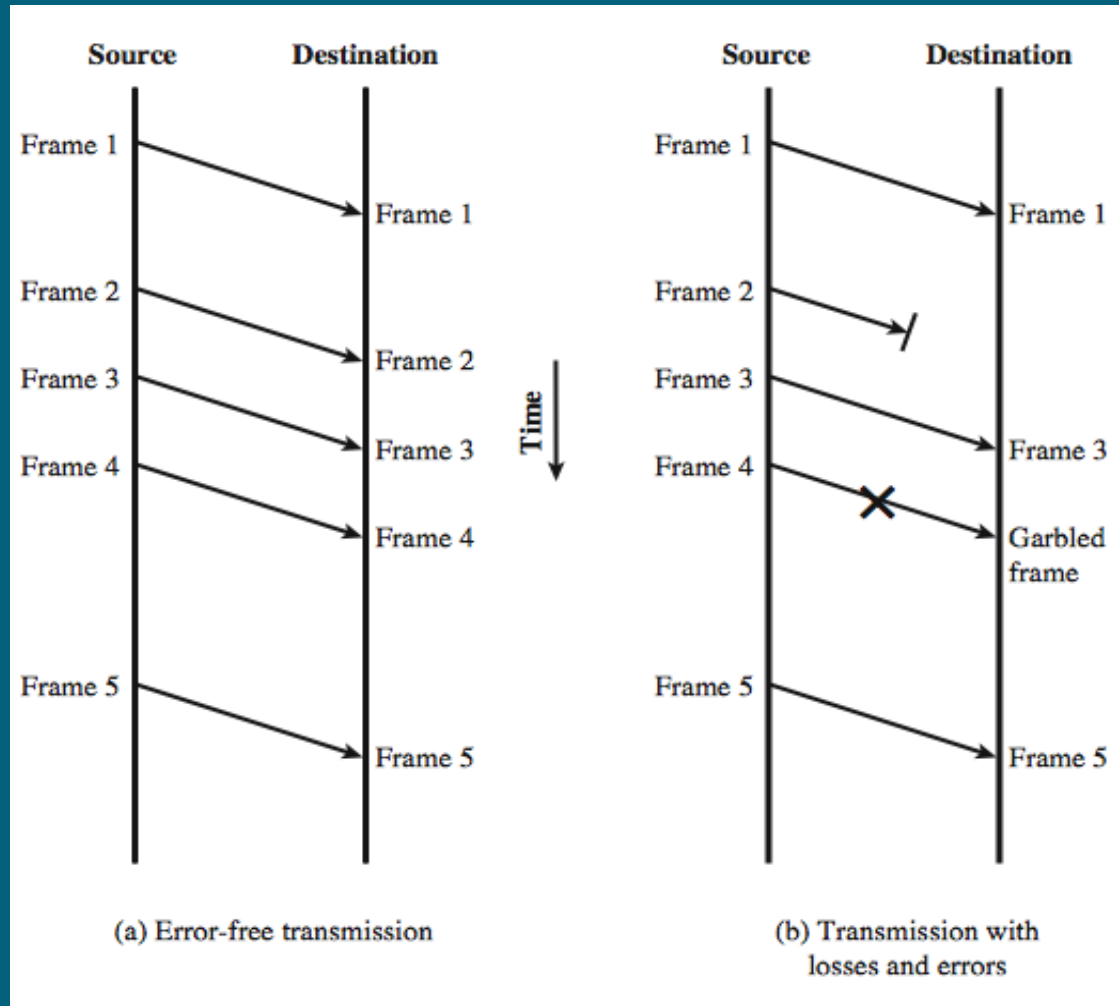
Veri Bağlantı Kontrol Protokolleri

- Fiziksel katmanın üzerine veri iletişimini kontrol etmek için bir mantıksal katman ihtiyacı bulunmaktadır
- Doğrudan birbirine bağlanan iki istasyon arasında verimli bir veri iletişimde önemli kavramlar
 - Çerçeve senkronizasyonu (frame synchronization)
 - ✦ Çerçevenin başı ve sonu tanınmalı
 - Akış kontrol (flow control)
 - ✦ Gönderici istasyon alıcının alma kapasitesinden fazla veri göndermemeli
 - Hata kontrolü (error control)
 - ✦ Hatalı bitler sezilip düzeltilmeli
 - Adresleme (addressing)
 - ✦ Ağda haberleşen istasyonlar ayırt edilebilmeli
 - Kontrol ve veri aktarımı (control and data)
 - ✦ Alıcı aynı bağlantı üzerinden gelen veri ve kontrol bilgisini ayırt edebilmeli
 - Bağlantı yönetimi (link management)
 - ✦ İletişimi başlatma, durdurma ve bakım yönetimi

Akış Kontrolü (Flow Control)

- ⦿ Göndericinin alıcıyı veri ile aşırı yüklememesi sağlanmalıdır.
 - Alıcı tampon bölgesinde taşma olmamalı (overflow)
- ⦿ Etkileyen parametreler:
 - İletim süresi (transmission time)
 - Göndericinin tüm bitleri iletim ortamına aktarma süresi
 - Yayılım süresi (propagation time)
 - Bir bitin göndericiden çıktıktan sonra alıcıya ulaşma süresi
- ⦿ Veri çerçevelere bölünmüş olarak gönderilir.
- ⦿ Her çerçeve veri ve kontrol bilgisi içerir.

Çerçeve İletim Modeli



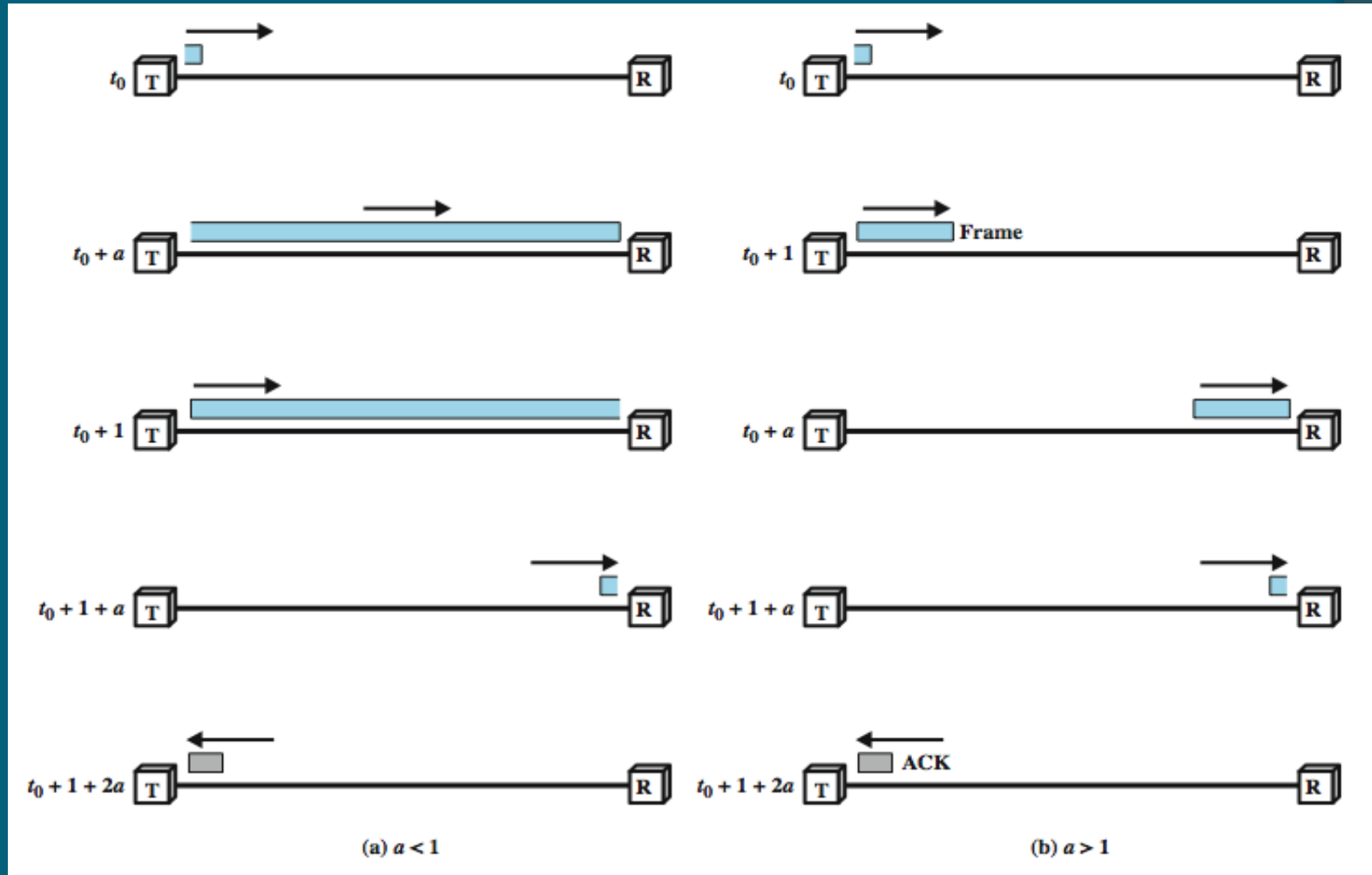
Çerçeve İletim Modeli

- ⦿ Dikey zaman diyagramında gösterilir.
- ⦿ Göndericinin gönderdiği her bir çerçeve belli bir zaman sonra alıcıya ulaşır.
- ⦿ Çerçeveler belirli bir sıralama ile gönderilir.
- ⦿ İletişim bozuklukları
 - Gönderilen verinin ulaşmaması
 - Gönderilen verinin hatalı ulaşması

Dur ve Bekle (Stop and Wait)

- En basit akış kontrol mekanizmasıdır
- Prosedür
 - Gönderici çerçeveyi iletir.
 - Alıcı çerçeveyi alır ve onay (ACK) cevabını gönderir.
 - Gönderici bir sonraki çerçeveyi göndermek için ACK mesajını bekler.
 - Alıcı akışı ACK göndermeyerek durdurabilir.
 - Mesajın birkaç uzun çerçeve şeklinde gönderilme durumunda iyi bir çalışma şekli gösterir.
 - Eğer uzun veri blokları çok sayıda küçük çerçevelere bölünüp gönderilirse etkili bir haberleşme olmaz.

Dur ve Bekle Yönteminde Bağlantının Kullanım Durumu



Dur ve Bekle Yönteminde Bağlantının Kullanım Durumu

- Bağlantının bit uzunluğu (B)
 - Bir anda bağlantının tamamını kapsayan bit miktarı

$$B = R \times d / v$$

R: Veri iletim hızı (bps)

d : İletim hattının uzunluğu (m)

v : İletim ortamının hızı (m/sn)

- Çerçevenin yayılım süresi ise;

$$a = B/L$$

L: Çerçevenin uzunluğu

Dur ve Bekle Yönteminde Bağlantının Kullanım Durumu

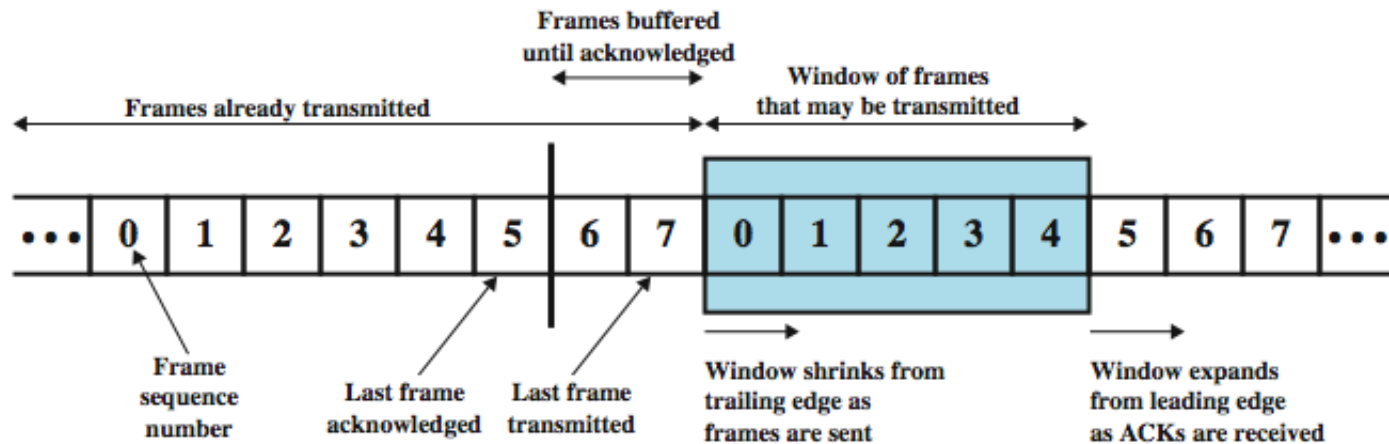
- B'nin çerçeve uzunluğundan büyük olduğu durumlarda ciddi verimsizlikler oluşmaktadır
- Örnek diyagramda iletim süresi “bir” olarak normalize edilmiştir.
- $a < 1$ ise
 - Yayılım süresi iletim süresinden daha düşüktür.
 - Bu durumda gönderici çerçevenin tamamını iletmeyen çerçevenin ilk bitleri alıcıya ulaşır
 - Etkisiz kullanım. ACK beklerken hat kullanımı verimsiz.
- $a > 1$ ise
 - Yayılım süresi iletim süresinden daha büyüktür.
 - Bu durumda çerçevenin başlangıcı alıcıya ulaşmadan gönderici tamamını iletmeye başlar.
 - Hat yeterince verimli kullanılmamaktadır. Uzun süreli hat boş kalmaktadır. Uzun mesafeli veya yüksek veri hızı olan durumlarda bu yöntem etkisiz hat kullanımına sebep olmaktadır.

Kayan Pencerele Akış

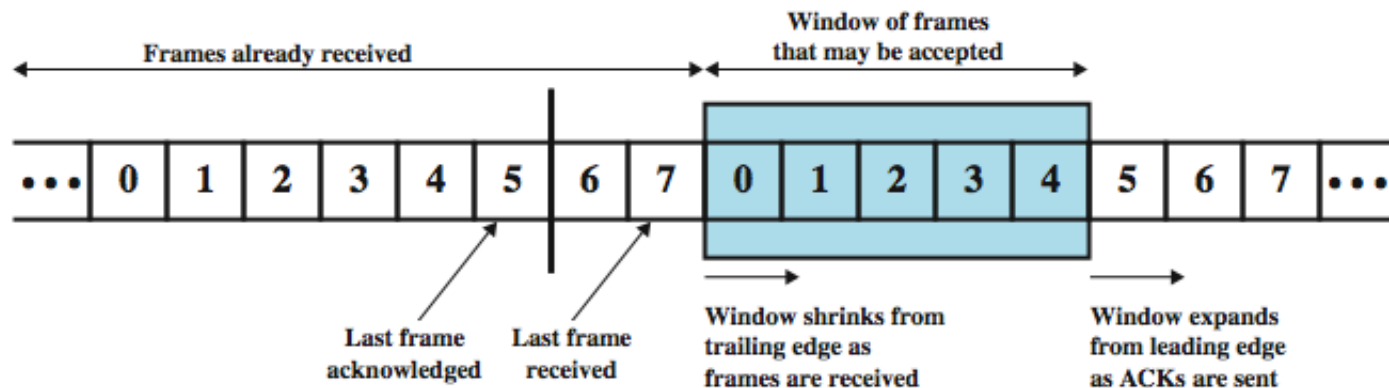
Kontrolü

- Birden çok çerçevenin aynı anda iletimini sağlar
- Alıcı, W adet çerçeve alacak kadar bir tampon bölge ayırır.
- Gönderici, ACK cevabı beklemeden W adet çerçeve gönderir.
- ACK mesajı bir sonra alınca çerçevenin numarasını içerir.
- Sıra numarası k bitle belirlenir.
 - Çerçeveler Modulo 2^k ile numaralandırılır
 - Pencerenin maksimum büyüklüğü $2^k - 1$ olacaktır.
- Alıcı, akışı durdurmak için Alıcı Hazır Değil (Receive Not Ready - RNR) mesajı göndererek önceki çerçeveleri onaylayıp sonraki çerçeveleri engeller.
- İletimi tekrar başlatmak için tekrar ACK mesajı gönderir.
- Full-duplex iletişimde her bir veri çerçevesi hem gönderilen çerçevenin numarasını hem de onaylanan çerçeve numarasını içerir.

Kayan Pencere Diyagramı



(a) Sender's perspective



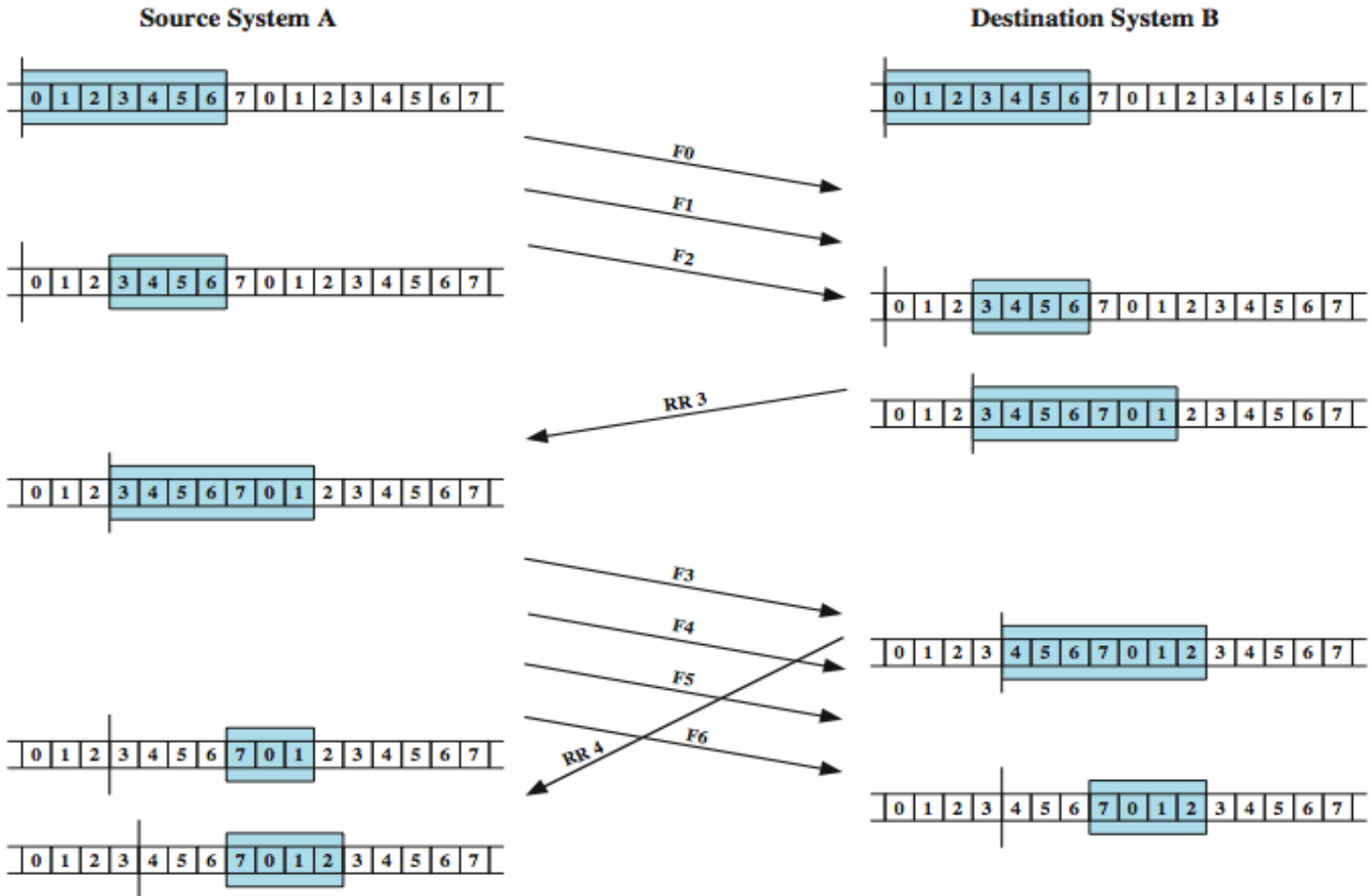
(b) Receiver's perspective

Kayan Pencere Diyagramı

(Açıklama)

- 3 bitlik sıralama numarası kullanılır (0'dan 7'ye kadar)
- Sonraki çerçeveler de tekrardan 0'dan 7'ye kadar numaralandırılır.
- Gölgeleştirilmiş çerçeveler gönderilebilecek çerçeveleri gösterir.
- Örnekte gönderici 0 ile başlayan 5 adet çerçeve gönderebilir.
- Her bir gönderim sonrası pencere daralır.
- ACK mesajı alınca pencere tekrardan genişler.
- Dikey çizgi ile gölgeli pencere arasındaki çerçeveler gönderilip henüz onaylanmayanları kapsar. Bu çerçeveler hata ihtimaline karşı onaylanana kadar saklanmalıdır.
- Dur ve bekle yöntemine göre daha verimli hat kullanımı söz konusudur.

Kayan Pencere - Örnek



Kayan Pencere – Örnek

Açıklama

- 3 Bitlik sıralama numarası ve maksimum 7 çerçevelik pencere genişliği kabul edilmiştir.
- Başlangıçta A ve B, F0 ile başlayan 7 çerçeve iletimi olacağını belirlemektedir.
- 3 Adet çerçeve (F0, F1, F2) iletikten sonra A pencereyi 4 adet çerçeveye daraltır ve gönderilen 3 adet çerçeveyi de onay alana kadar saklar.
- Pencere 3 ile başlayan 4 adet çerçevenin iletilebileceğini ifade eder.
- B, (RR 3) ile 2 dahil olmak üzere gönderilen çerçeveleri aldığını ve 3'den itibaren çerçeveleri beklediğini bildirir.
- A mesajı alınca 3 ile başlayan 7 çerçeveyi gönderilebilir hale çeker ve onay gelen çerçeveleri atar.
- A daha sonra 3-6 çerçevelerini gönderir.
- B bu arada RR4 ile en son 3 nolu çerçeveyi aldığını onaylar ve F4'den F2'ye kadar çerçeveleri alabileceğini ifade eder.
- A'ya RR ulaştığında A halihazırda F4, F5 ve F6'yı gönderdiğinden penceresi F7 ile başlayan 4 adet çerçeveyi içerir.

Hata Kontrolü

- Hata kontrolü, çerçevelerin iletimi sırasında oluşan hataların algılanmasını ve düzeltilmesini kapsar.
- Çerçevelerin aynı sıra ile alındığı kabul edildiğinde iki tip hata söz konusu olabilir:
 - Kayıp çerçeveler
 - ✦ Çerçeve alıcıya gürültü patlaması gibi sebeplerden dolayı ulaşamaz
 - Bozuk çerçeve
 - ✦ Gönderilen çerçeveler alıcıya ulaşmasına rağmen anlık parazitlerden dolayı bazı bitlerinde hatalar oluşmuştur.
- Yaygın olarak kullanılan teknikler:
 - Hata algılama (error detection)
 - ✦ Dijital sinyal gönderiminde kullanılan teknikler
 - Olumlu onay (positive acknowledgment)
 - ✦ Alıcı hatasız olarak alınan çerçeveleri onaylar
 - Zaman aşımı sonrası tekrardan gönderim (retransmission after timeout)
 - ✦ Gönderici zaman aşımına uğrayan onay mesajından dolayı çerçeveyi tekrar gönderir.
 - Olumsuz cevap ve tekrar gönderim (negative acknowledgement&retransmission)
 - ✦ Alıcı hatalı çerçeve için olumsuz cevap gönderir ve gönderici ilgili çerçeveyi tekrar gönderir.

Otomatik Tekrar İsteği

Automatic Repeat Request (ARQ)

- ⦿ Güvensiz iletim bağlantısını güvenli hale getirir.
- ⦿ Hata kontrol mekanizmalarında ARQ ortak ad olarak kullanılır
 - Dur ve bekle (stop and wait ARQ)
 - N adet geriye dön (go back N ARQ)
 - Seçmeli ret (selective-reject ARQ)

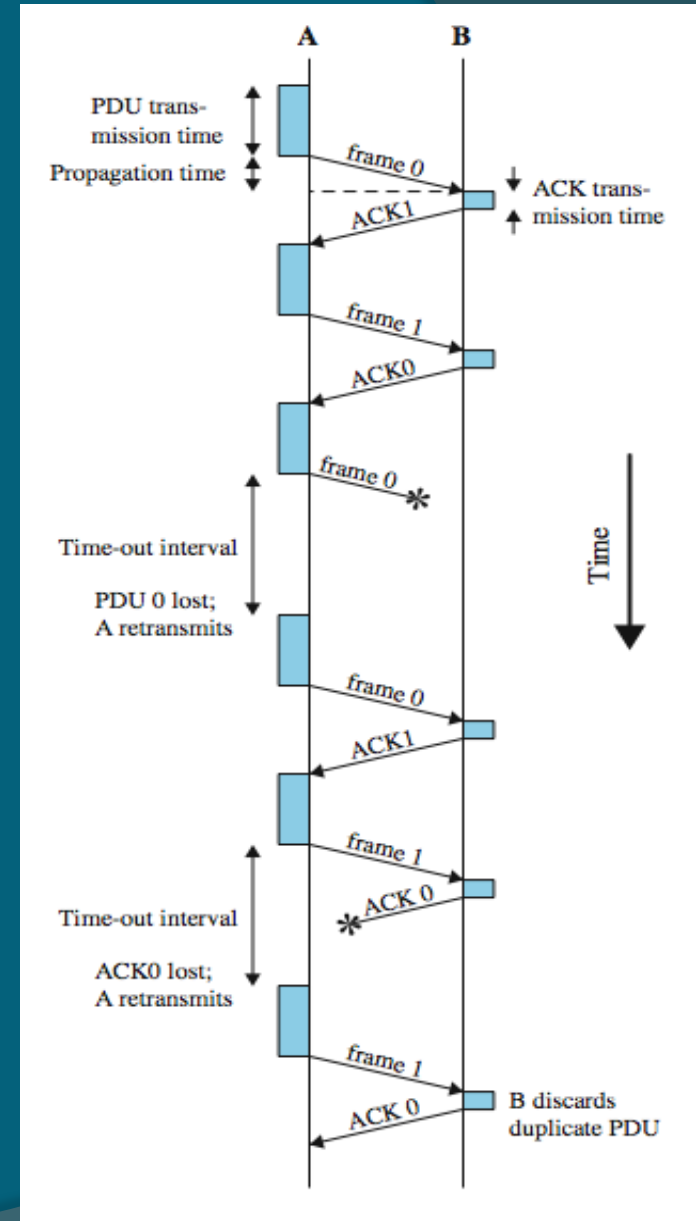
Dur ve Bekle ARQ

Stop and Wait ARQ

- Gönderici ilgili çerçeveyi gönderir
- Onay (ACK) cevabını bekler
- Eğer gönderilen çerçeve bozulmuşsa
 - Alıcı, hata sezme teknikleriyle bunu algılar ve gelen çerçeveyi atar
 - Gönderici bir zamanlayıcı başlatır
 - Zaman aşımı süresince ACK alınmazsa ilgili çerçeveyi tekrar gönderir.
 - Gönderici onay alana kadar gönderdiği çerçeveleri saklamalıdır.
- Eğer ACK bozulursa gönderici cevabı algılayamayacaktır
 - Gönderici zaman aşımına uğrayan çerçeveyi tekrar gönderecektir.
 - Alıcı aynı çerçeveden iki adet kopyaya sahip olacaktır.
 - Bu durumu önlemek için;
 - ✦ Her bir çerçeve dönüşümlü olarak 0 ve 1 ve onay mesajları da dönüşümlü olarak ACK0 / ACK1 olarak numaralandırılır.

Dur ve Bekle Stop and Wait

- İki farklı hata durumu örnekte verilmiştir.
 - 3. çerçeve bozulma ya da kaybolma sebebiyle B'ye erişememiştir. Onay gelmediği için zaman aşımı sonrası çerçeve tekrar gönderilir.
 - B'nin onay mesajı A'ya ulaşmazsa A zaman aşımı sonrası aynı çerçeveyi tekrar gönderir. B'de aynı çerçeveden iki adet olduğundan 2.yi atıp önceki onay mesajını (ACK0) tekrar gönderir.
- Avantaj ve Dezavantajları
 - Basit
 - Verimsiz



N Adet Geriye Dön

Go Back N

- Kayan pencere tekniğine dayalı bir yöntemdir
- Arka arkaya gönderilen çerçevelerde hata oluşmazsa normal usulde onay mekanizması
- Onaylanacak çerçeveler pencere uzunluğu ile belirlenir.
- Hata oluşma durumunda
 - Alıcı ilgili çerçeveyi atıp REJ mesajı ile olumsuz cevabı göndericiye iletir.
 - İlgili çerçeve düzgün olarak alınıncaya kadar gelecek bütün çerçeveleri atar.

N Adet Geriye Dön (Yöntem)

⦿ Bozuk Çerçevelerde (Damaged Frame)

- i . çerçeve bozuksa alıcı i . çerçeveyi reddeder
- Gönderici i . çerçevesinden itibaren bütün çerçeveleri tekrar iletir.

⦿ Kayıp Çerçeve (Lost Frame)

- i numaralı çerçeve iki sebepten dolayı kayıpsa
 - Gönderici $i+1$. çerçeveyi gönderir ve alıcı da $i+1$. çerçeveyi sıralamaya uymayacak şekilde alırsa i . çerçeveyi reddeder.
 - Veya gönderici zaman aşımına uğradığı için P biti “1” olarak ACK mesajı ile durum sorgulayınca alıcının ACK i ile i . çerçeve için istekte bulunması

- Gönderici i . çerçeveden itibaren tekrar gönderir.

N Adet Geriye Dön (Yöntem)

- Bozuk Onay (Damaged Acknowledgement)
 - Alıcının aldığı i . çerçeve için gönderdiği ack ($i+1$) kaybolursa
 - Onaylar gelen mesaj için arka arkaya gönderildiğinden ack ($i+n$) mesajı göndericiye vardığında henüz i . çerçeve için zaman aşımı oluşmamışsa
 - Zaman aşımı oluşunca gönderici P bitini “1” leyip ACK göndererek alıcının durumunu sorgular
 - Bu işlem işlem düzelene kadar birkaç defa yapılabilir.
- Bozuk Reddetme (Damaged Rejection)
 - Bozuk çerçeve için alıcının gönderdiği reddetme mesajı kaybolursa
 - Kayıp çerçevede olduğu gibi gönderici zaman aşımı sonrası çerçeveyi tekrar gönderir.

Seçmeli Ret

(Selective Reject)

- Seçmeli tekrar gönderim diye de isimlendirilir.
- Sadece gönderildiği halde olumsuz cevap alınan veya zaman aşımına düşülen çerçeveler tekrardan gönderilir.
- Alıcıda, reddedilen çerçeveden sonra alınan çerçeveler sıralamaya uygun bütünleştirme yapılabilmesi için saklı tutulmalıdır. Bunun için daha geniş bir tampon bölgeye ihtiyaç duyar.
- Gönderici de benzer şekilde onaylanmamış çerçeveleri sırasız olarak tekrardan gönderebilmek için daha karmaşık bir yöntemeye ihtiyaç duyar.
- Tekrar iletim süresi minimum olur.
- Yayılım süresinin (propagation delay) uzun olduğu uzun mesafeli iletim yapılan uydu haberleşmelerinde kullanışlıdır.

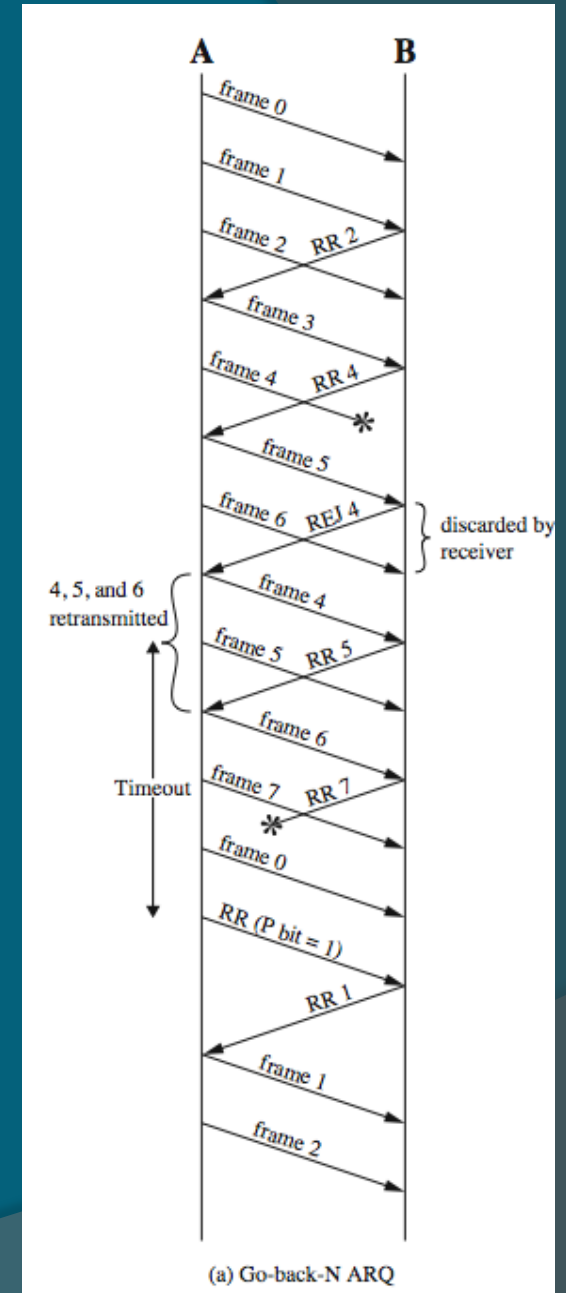
N Adet Geriye Dön - Örnek

1) Kayıp çerçeve 4

- 3. çerçeveden sonra 5. ve 6. çerçeveler alınınca REJ 4 ile 4. çerçevenin alınmadığı bildirildi.
- Alıcı REJ 4 mesajı sonrası 4 ve sonrası çerçeveler tekrar gönderdi

2) Kayıp onay 7

- RR 7 kaybolunca zaman aşımı sonrası gönderici durum sorguladı (RR P bit=1)
- Alıcı en son hatasız olarak aldığı çerçeveden (0.) bir sonraki çerçeveyi talep eder (RR 1).
- Gönderici de tekrardan ilgili çerçeveden itibaren gönderime başlar.



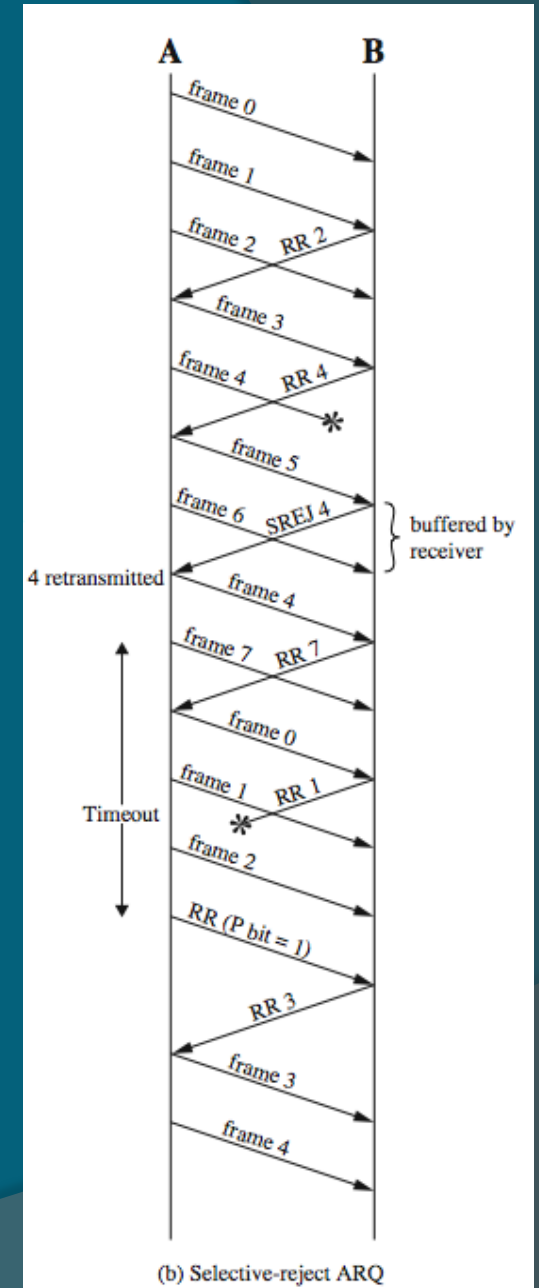
Seçmeli Ret - Örnek

1) Kayıp çerçeve 4

- SREJ 4 mesajı sonrası 4. çerçeve tekrar gönderilir.
- 4. çerçeve alınana kadar 5 ve 6. çerçeveler saklanır

2) Kayıp onay 1

- RR 1 kaybolunca zaman aşımı sonrası durum sorgulanır (RR P bit=1)
- Alıcının istediği çerçeveden (RR 3) itibaren çerçeveler gönderilmeye başlanır.
- N Adet Geriye Dön yöntemine göre aynı sürede 2 adet daha fazla çerçeve alınmış oldu.



Kontrolü

High Level Data Link Control

(HDL)

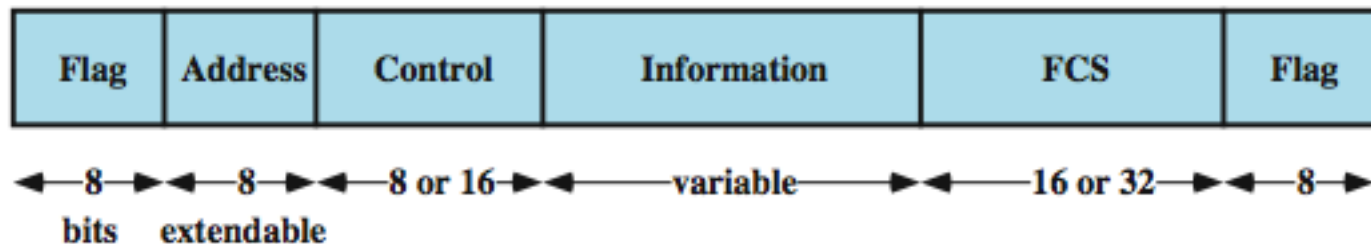
- En önemli veri bağlantı kontrol protokolüdür.
- Pek çok protokol de HDCL'nin mekanizmasını kullanır.
- ISO 33009, ISO 4335 olarak bilinir.
- Farklı uygulama tipleri için 3 farklı istasyon tanımlar:
 - Birincil (Primary) – Bağlantıyı kontrol eder
 - İkincil (Secondary) - Primary istasyon kontrolü altında işlev görür.
 - Birleşik (Combined) – Hem komut üretir hem de cevap oluşturur.
- Bağlantı konfigürasyonları
 - Dengesiz (Unbalanced) - 1 primary, çoklu secondary
 - Dengeli (Balanced) - 2 adet combined istasyon

HDLC İletişim Modları

- ⦿ Normal Cevaplama Modu (NRM)
 - Dengesiz konfigürasyon, primary iletişimi başlatır. Secondary sadece isteklere karşı veri aktarır.
 - Çok sayıda terminalin host makinasına bağlandığı uygulama tipidir.
- ⦿ Asenkron Dengeli Modu (ABM)
 - Dengeli konfigürasyon, her iki istasyon iletişimi başlatabilir.
 - Full-duplex iletişimde verimli kullanım sağlar.
 - En yaygın kullanılan yöntemdir.
- ⦿ Asenkron Cevaplama Modu (ARM)
 - Dengesiz konfigürasyon, secondary, primary istasyondan izin almadan iletişimi başlatabilir.
 - Bazı özel uygulamalarda kullanılır.

HDLC Çerçeve Yapısı

- Senkron iletişim kullanılır.
- Tek bir çerçeve yapısı ile bütün veri ve kontrol iletişimi sağlanır.
- Başlık (header) kısmı
 - Bayrak (flag), adres ve kontrol bitleri
- Artbilgi (trailer) kısmı
 - FCS ve bayrak (flag) bitleri



(a) Frame format

Bayrak Alanları ve Bit Ekleme

Flag Fields and Bit Stuffing

- Çerçeve başta ve sonda 01111110 ile ayrılır.
- Bir çerçevenin bitişi ve bir sonraki çerçevenin başlangıcı aynı bayrakla ayırdedilebilir.
- Alıcı bayrakları algılayarak çerçeveleri senkronize eder.
- Bayrağı veri bitlerinden ayırdetmek için veri bitlerinde benzer örüntü oluşursa ilave bitler eklenir.
 - Arka arkaya gelen her 5 adet 1'den sonra 1 adet 0 konulur.
 - Alıcı 5 adet 1 alırsa bir sonraki biti kontrol eder
 - Sonraki bit "0" ise o bit ilave bit olduğu için silinir.
 - Eğer bir sonraki bit 1 ve 7. bit 0 ise bu bitleri bayrak olarak kabul et.
 - Eğer 6. ve 7. bitler 1 ise gönderici durdurma isteğinde bulunuyor.

Original Pattern:

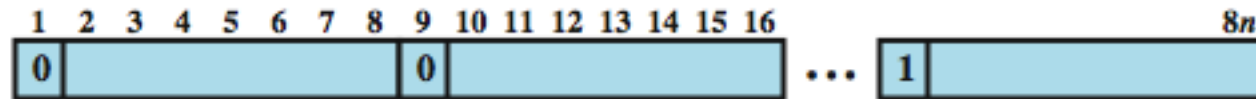
111111111111011111101111110

After bit-stuffing

11111011111101101111101011111010

Adres Alanı

- Çerçeve gönderen ve alan ikincil istasyonun adresini belirler
- Genellikle 8 bit uzunluğundadır.
- 7 bitin katı olarak genişletilebilir.
 - En düşük anlamlı bit (LSB) en son adres alanını belirler. 1: Son adres alanını gösterir.
- 11111111 adresi tüm istasyonlara göndermek için (broadcast) kullanılır.



(b) Extended Address Field

Kontrol Alanı

- Farklı çerçeve tipleri için farklılık gösterir
 - Bilgi (Information - I): – Kullanıcıya veri gönderir (bir üst katmana)
 - ARQ ile akış ve hata kontrolü yapılır.
 - Supervisory – S: Durum kontrolü yapılan durumlarda ARQ kullanılır.
 - Unnumbered – U: İlave bağlantı kontrolü sağlar
- İlk 1-2 bit çerçevenin tipini belirler.

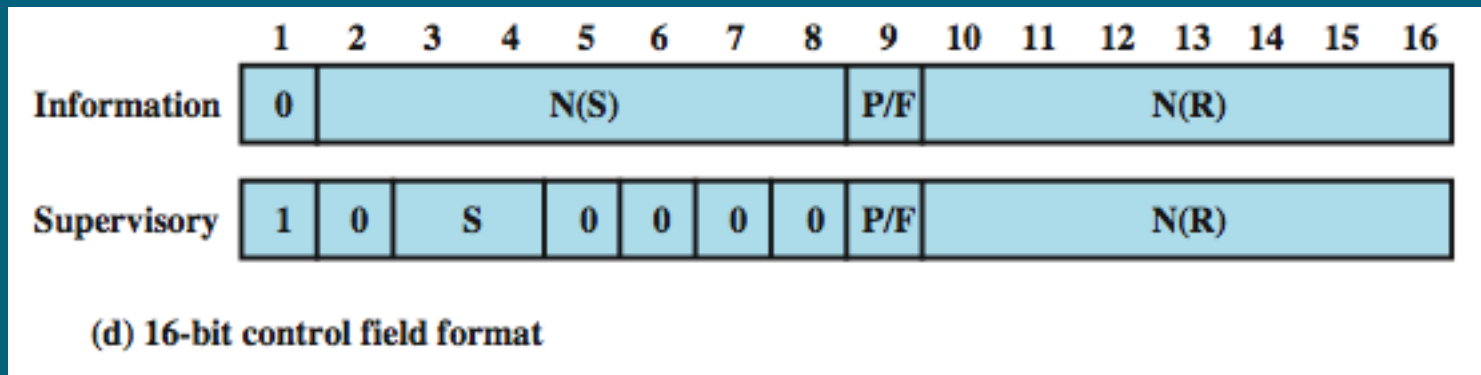
	1	2	3	4	5	6	7	8
I: Information	0	N(S)			P/F	N(R)		
S: Supervisory	1	0	S		P/F	N(R)		
U: Unnumbered	1	1	M		P/F	M		

N(S) = Send sequence number
N(R) = Receive sequence number
S = Supervisory function bits
M = Unnumbered function bits
P/F = Poll/final bit

(c) 8-bit control field format

Kontrol Alanı

- Bütün kontrol alanı formatları Poll/Final (P/F) bitleri kullanır.
- P/F bitleri içeriğe göre anlamlandırılır.
- Komut çerçevelerinde P biti 1 yapılarak karşı taraftan cevap istenir.
- Cevap çerçevesinde F biti 1'e çekilerek ilgili isteğe cevap verilir.
- Sıra numarası genellikle 3 bittir
 - 8 bite de genişletilebilir.



Bilgi ve FCS Alanları

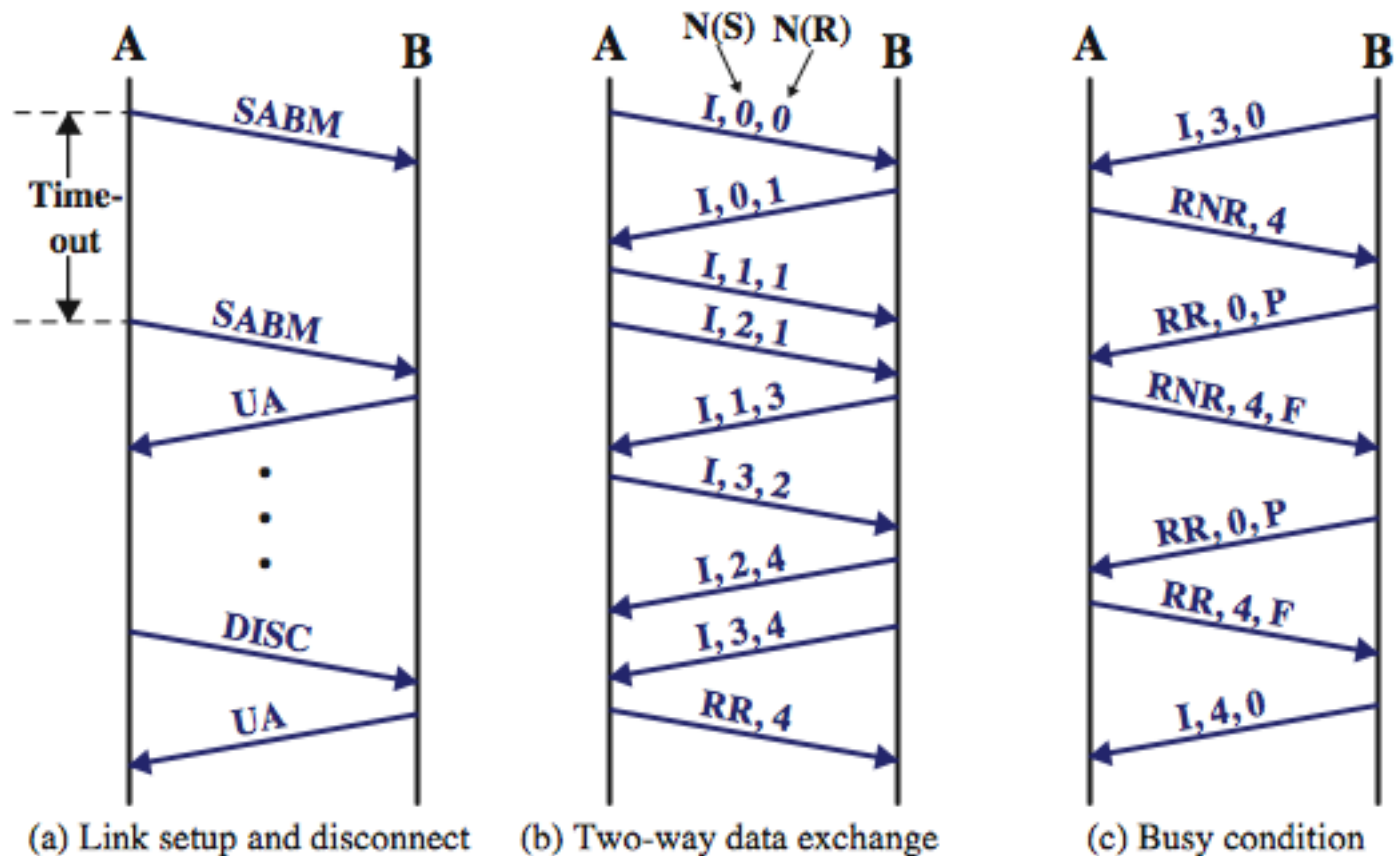
Information & FCS Fields

- Bilgi Alanı (Information Field)
 - Sadece I ve U Çerçevelerinde kullanılır
 - Bu alan 8 bitin katları kadar alanı içerir.
 - Alanın uzunluğu sisteme göre değişkenlik gösterir
- Frame Check Sequence Field (FCS)
 - Hata kontrolü için kullanılır
 - 16 bit CRC veya 32 bit CRC kullanılır.

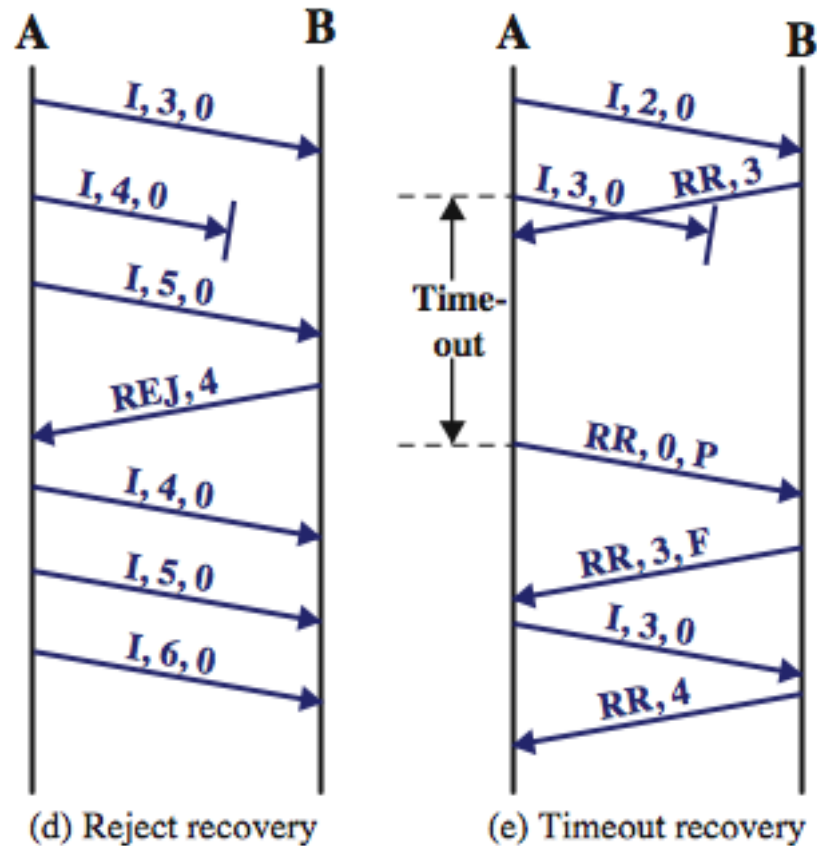
HDLC İşlemi

- İki istasyon arasında I, S ve U çerçevelerinin karşılıklı gönderimini içerir.
- 3 Aşamadan oluşur.
 - Başlangıç (initialization)
 - İki tarafın kullanacağı ortak mod ve sıralama numarası uzunluğu gibi bilgiler konusunda anlaşma sağlanır
 - Veri aktarımı (data transfer)
 - Akış ve hata kontrolü içeren veri aktarımı başlatılır
 - I ve S-çerçeveleri (RR, RNR, REJ, SREJ) ile veri aktarımı kontrolü sağlanır.
 - Sonlandırma (disconnect)
 - İşlem bittiğinde veya hata oluştuğunda herhangi bir taraf uygulamaya koyabilir
 - DISC çerçevesi ile sağlanır.

HDLC işlemi - Örnek



HDLC işlemi - Örnek



Özet

- ⦿ Veri bağlantı protokolünün gerekliliği
- ⦿ Akış kontrolü
- ⦿ Hata kontrolü
- ⦿ HDLC