



8. HAFTA

BLM325

VERİ İLETİŞİMİ

Yrd. Doç. Dr. İlhami M. ORAK
imorak@karabuk.edu.tr

Tanımlar

- Veri bağlantı protokolü
- Akış kontrolü
 - Çerçeve iletimi
 - Dur ve Bekle Metodu
 - Kayan pencere yöntemi
- Hata kontrolü
 - Otomatik Tekrar İsteği (ARQ)
 - Dur ve Bekle ARQ
 - N Adet Geriye Dön ARQ
 - Seçmeli Red ARQ
- Yüksek Seviyeli Veri Bağlantı Kontrolü (HDLC)

Veri Bağlantı Kontrol Protokolleri

Ten-teh baygınlığı geçince “büyük ve aydınlatılmış biri. Bu adam aklı kar ve kum görüntüleriyle şartlanmışken ve dili sürçmüşken mesajını iyi bir şekilde yerine ulaştırdı mı?” dedi

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

—Kai Lung's Golden Hours, Earnest Bramah

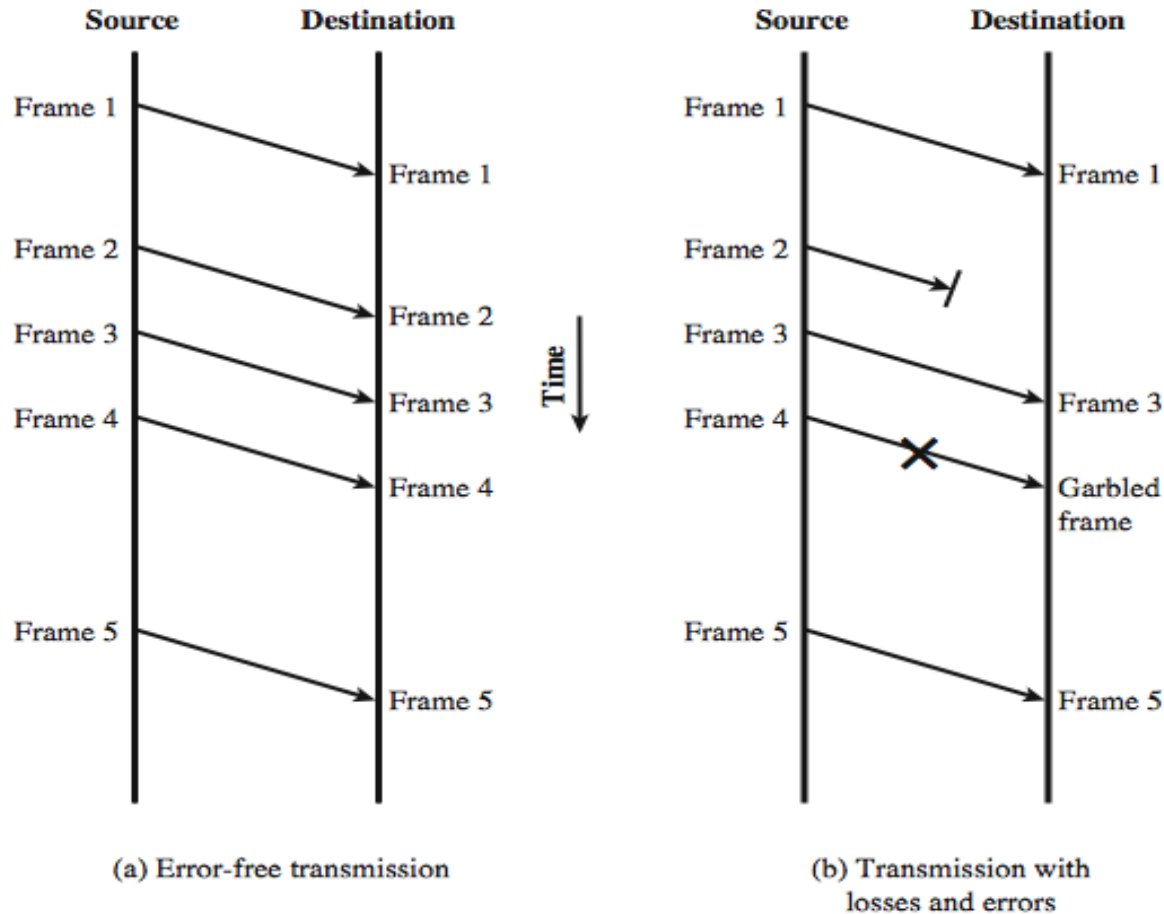
Veri Bağlantı Kontrol Protokolleri

- Fiziksel katmanın üzerine veri iletişimini kontrol etmek için bir mantıksal katman ihtiyacı bulunmaktadır
- Doğrudan birbirine bağlanan iki istasyon arasında verimli bir veri iletişiminde 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



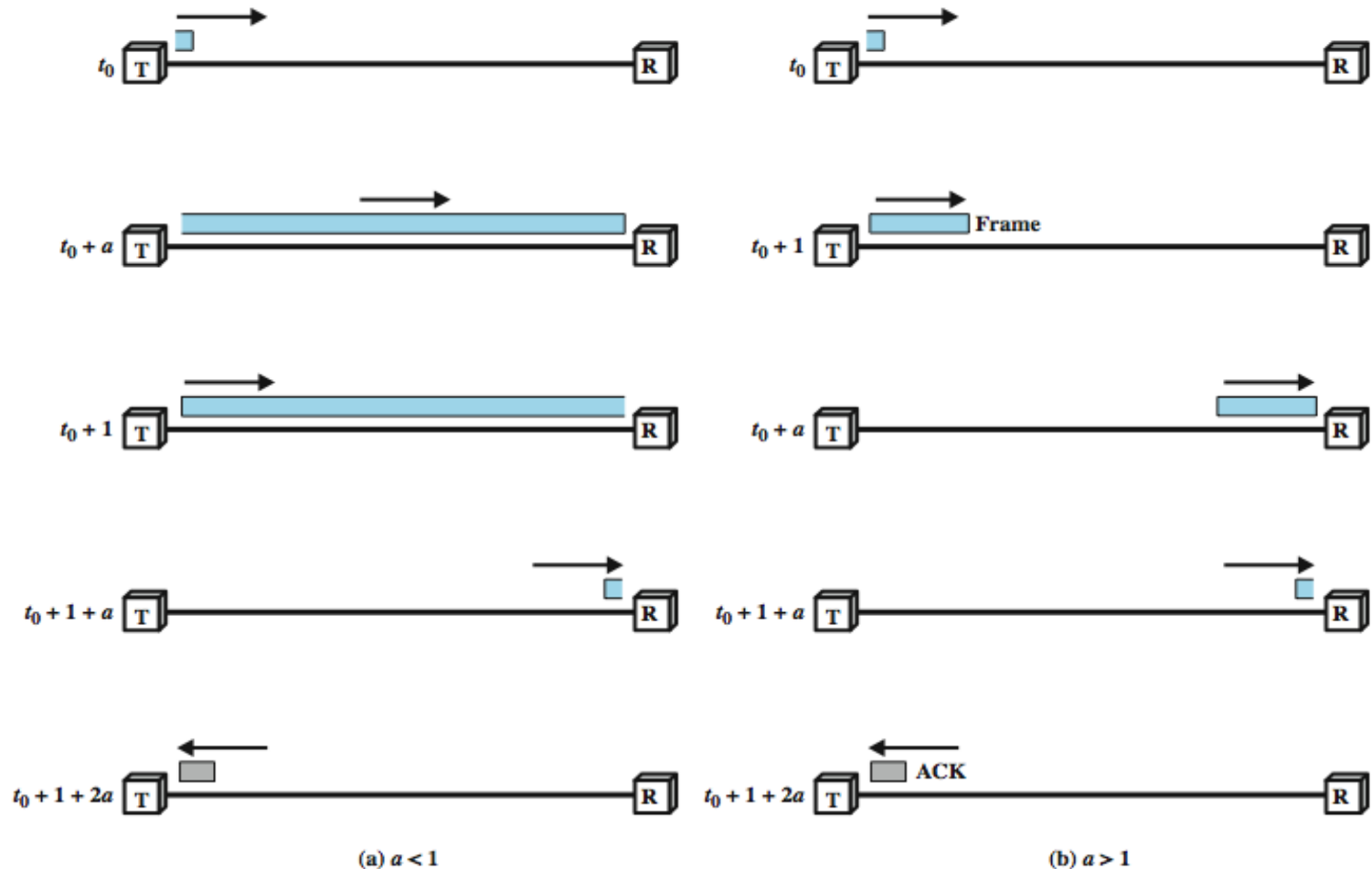
Çerçeve İletim Modeli

- 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

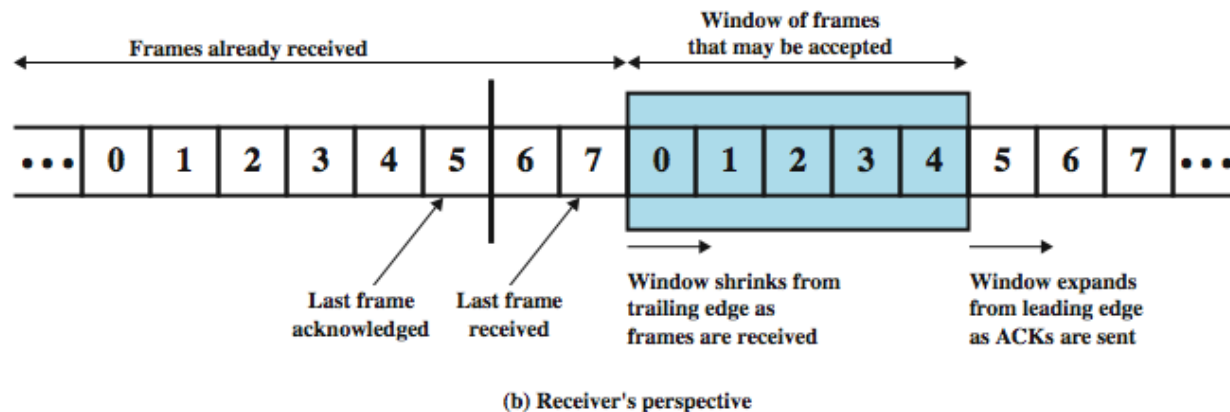
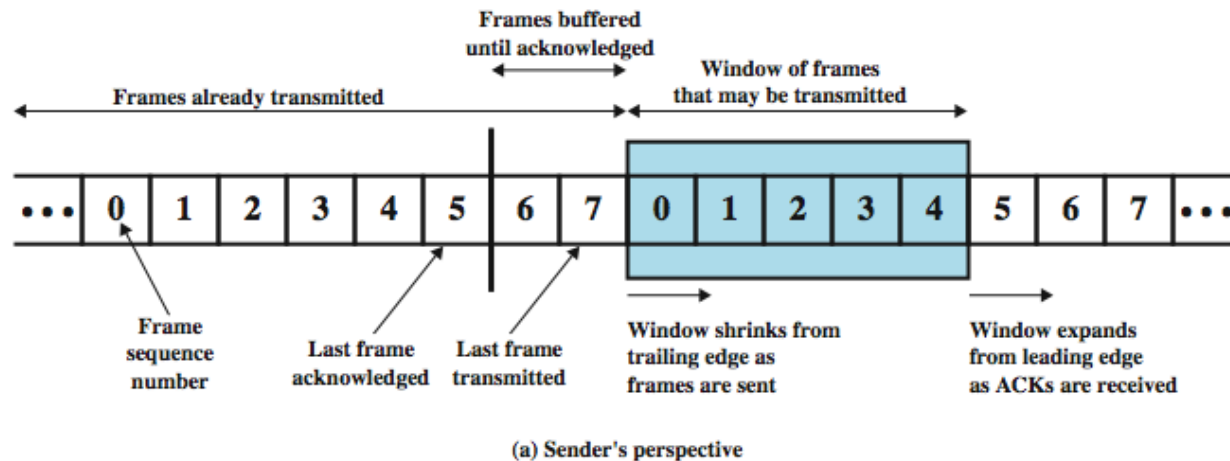
Dur ve Bekle Yönteminde Bağlantının Kullanım Durumu

- 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 iletmenden 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 iletmış olur.
 - 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 Pencerelemlerle 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 alınacak 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 herbir veri çerçevesi hem gönderilen çerçevenin numarasını hem de onaylanan çerçeve numarasını içerir.

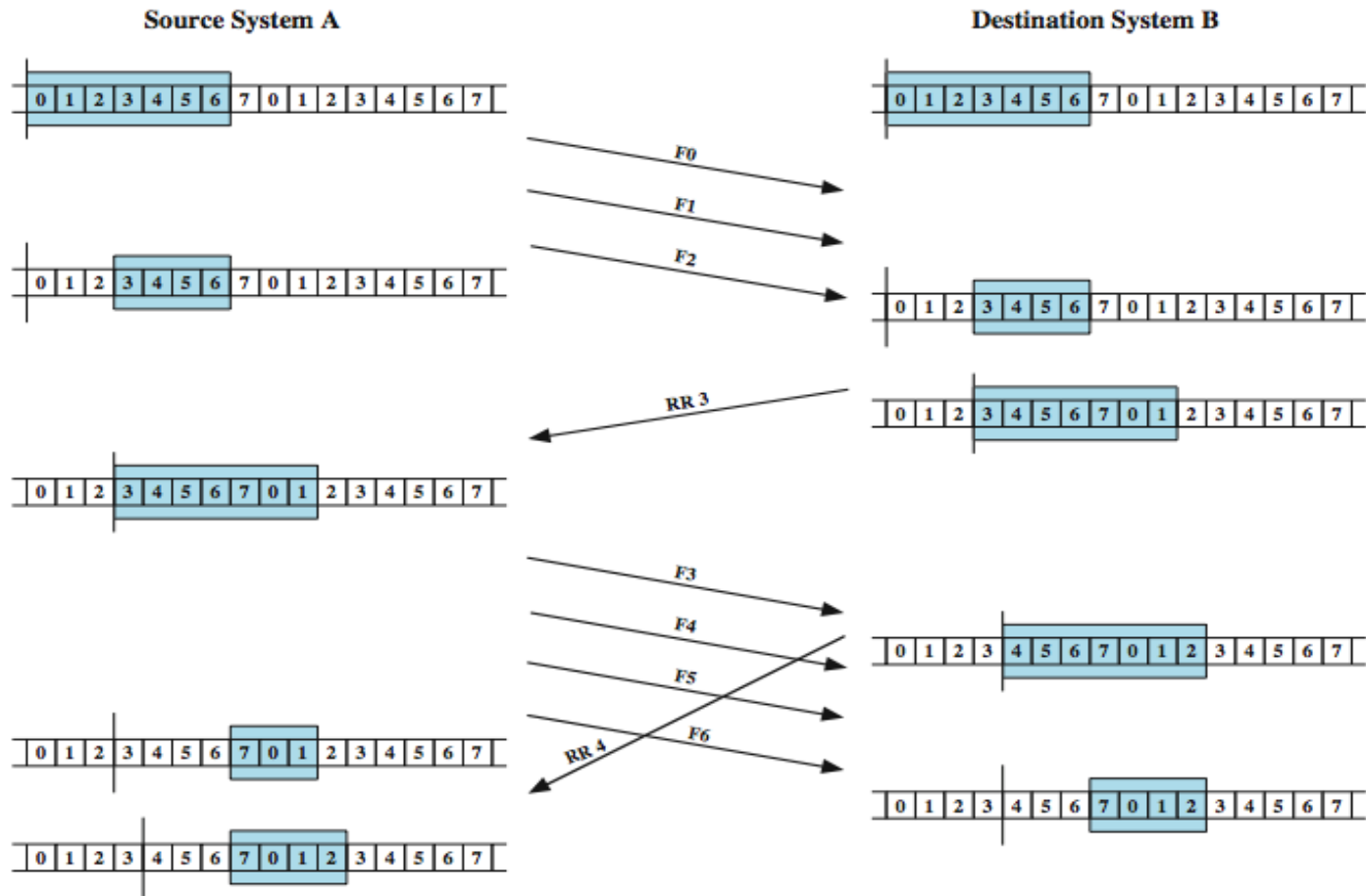
Kayan Pencere Diyagramı



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) iletdikten 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 acknowledgment & 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)

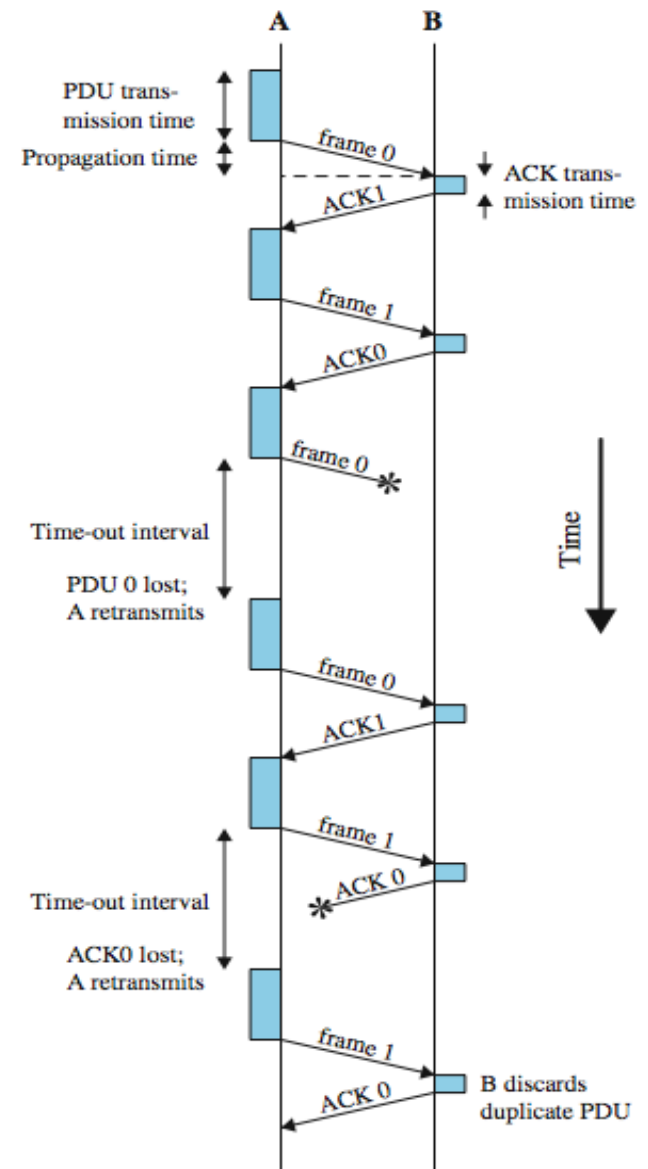
Dur ve Bekle ARQ (Stop and Wait ARQ)

- 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 ARQ (Stop and Wait)

İki farklı hata durumu örnekte verilmiştir.

- Kaybolan veya Bozulan Çerçeve
 - 3. çerçeve bozulma ya da kaybolma sebebiyle B'ye erişememiştir. Onay gelmediği için zaman aşımı sonrası çerçeve tekrar gönderilir.
- Kayıp Onay Çerçevesi
 - B'nin onay mesajı A'ya ulaşmamıştır
 - A zaman aşımı sonrası aynı çerçeveyi tekrar gönderir.
 - B'de aynı çerçeveden iki adet oluştuğundan 2.yi atar.
 - Önceki onay mesajını (ACK0) tekrar gönderir.
- Avantaj ve Dezavantajları
 - Basit
 - Verimsiz



N Adet Geriye Dön ARQ (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.
 - Gönderici ilgili çerçeve ile sonrasındaki diğer çerçevelerin tamamını tekrar gönderir.

N Adet Geriye Dön ARQ (Yöntem)

- Bozuk Çerçeve (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 ARQ (Yöntem)

- Bozuk Onay Çerçevesi (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 Çerçevesi (Damaged Rejection)
 - Bozuk çerçeve için alıcının gönderdiği reddetme mesajı kaybolursa
 - Kayıp çerçevede olduğu gibi gönderici zaman aşımı sonrası çerçeveyi tekrar gönderir.

Seçmeli Ret ARQ (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 yönteme ihtiyaç duyar.
- Tekrar iletim süresi minimum olur.
- Yayılım süresinin (propagation delay) uzun olduğu uzun mesafeli iletim yapılan uydu haberleşmelerinde kullanışlıdır.

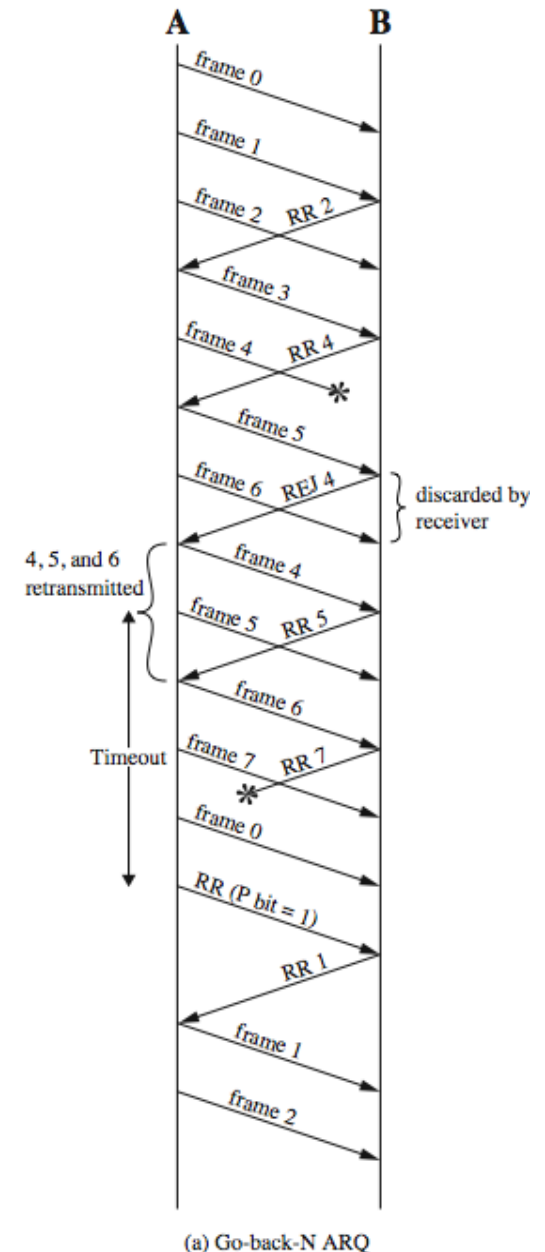
N Adet Geriye Dön ARQ (Örnek)

1) Kayıp çerçeve 4

- A yayılım gecikmesinden dolayı onay almadan diğer çerçeveleri gönderdi.
- 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.



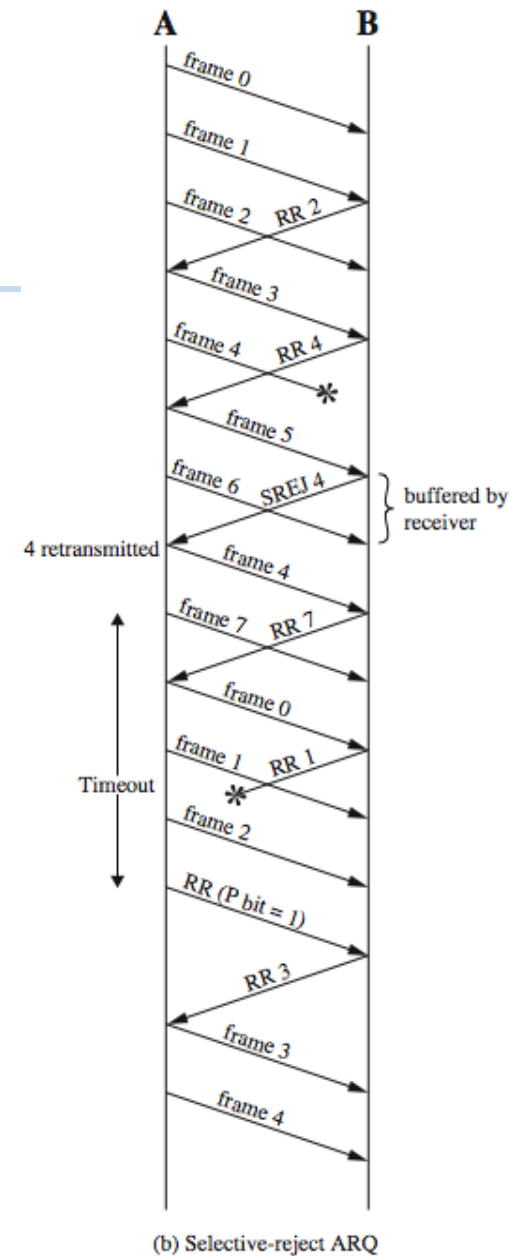
Seçmeli Ret ARQ (Örnek)

1) Kayıp 4. Çerçeve

- 5. çerçeve sıradışı alındığı için B SREJ 4 mesajı ile 4. çerçevenin alınmadığını bildirir.
- Geçerli 4. çerçeve alınana kadar gelen 5 ve 6. çerçeveler saklanır
- A 4. çerçeveyi tekrar gönderir.
- B çerçeveleri düzgün sıraya koyar

2) Kayıp Onay 1

- RR 1 kaybolunca veya bozulunca zaman aşımı sonrası verici durumu sorgular (RR P bit=1)
- Alıcı en son 2. çerçeveyi aldığı için RR 3 gönderir
- 3. çerçeveden itibaren çerçeveler gönderilmeye tekrar başlanır.
- N Adet Geriye Dön yöntemine göre aynı sürede 2 adet daha fazla çerçeve alınmış oldu.



Yüksek Seviyeli Veri Bağlantı Kontrolü

High Level Data Link Control (HDLC)

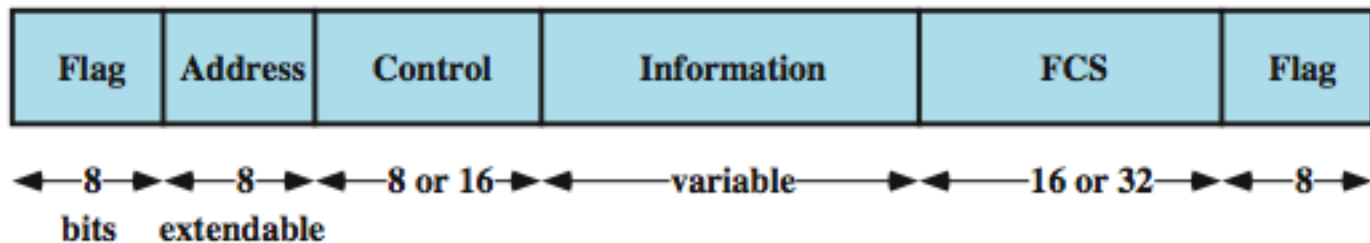
- En önemli veri bağlantı kontrol protokolüdür.
- Pek çok protokol de HDCL'nin mekanizmasını kullanır.
- ISO 33009, ISO 4335 olarak bilinir.
- Farklı uygulama tipleri için 3 farklı istasyon tanımlar:
 - Birincil (Primary) – Bağlantıyı kontrol eder
 - İkincil (Secondary) - Primary istasyon kontrolü altında 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
 - Her iki konfigürasyon half-duplex ve full-duplex i destekler

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:

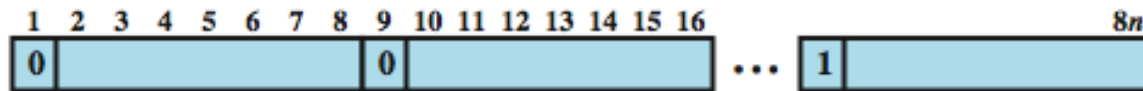
111111111111011111101111110

After bit-stuffing

11111011111101101111101011111010

Adres Alanı

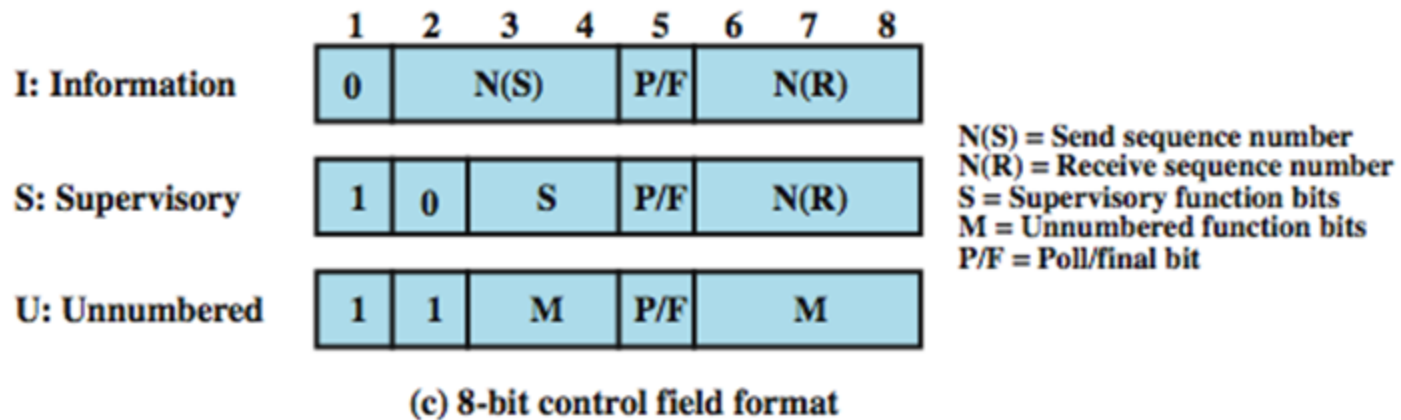
- Çerçeve gönderen ve alan ikincil istasyonun adresini belirler
- Genellikle 8 bit uzunluğundadır.
- 7 bitin katı olarak genişletilebilir.
 - En düşük anlamlı bit (LSB) en son adres alanını belirler.
- Tüm istasyonlara göndermek için **11111111** adresi (broadcast) kullanılır.



(b) Extended Address Field

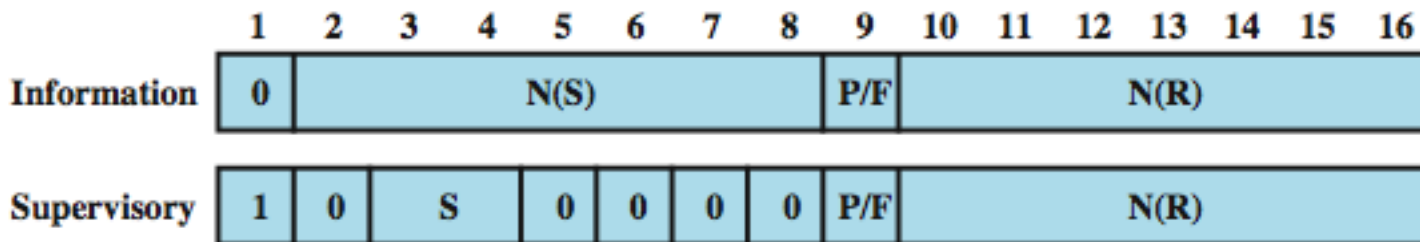
Kontrol Alanı

- 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.



Kontrol Alanı

- Bütün kontrol alanı formatları Poll/Final (P/F) bitini kullanır.
- P/F biti 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.



(d) 16-bit control field format

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.

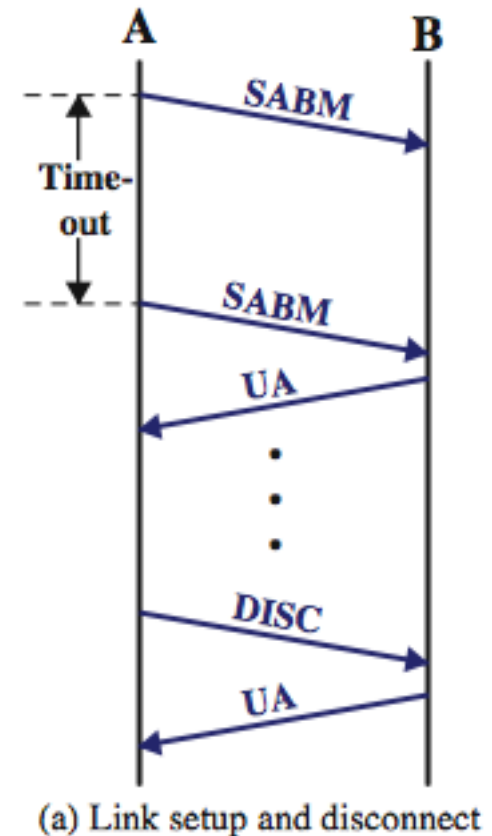
HDLC İşlemi

- 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 İşlemi – Örnek

(Bağlantı Kurma ve Sonlandırma)

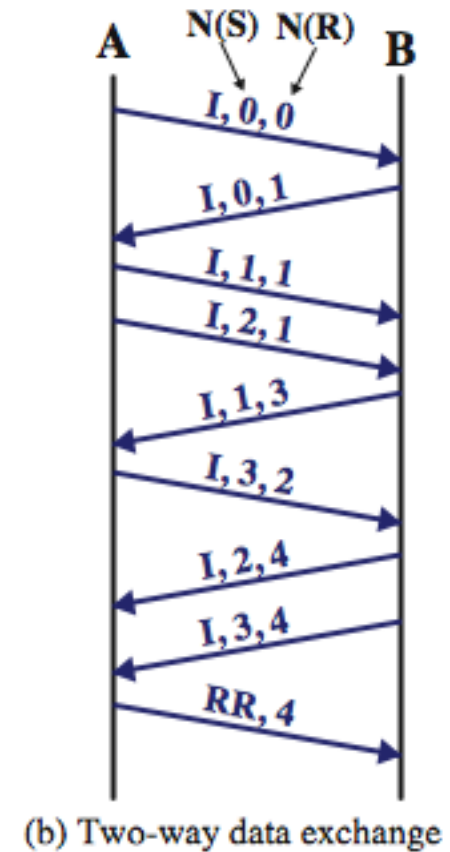
- Herhangi bir taraf SABM (set asynchronous balanced mode) komutunu gönderir ve zamanlayıcıyı başlatır.
- SABM yi alan taraf UA ile cevap verir ve yerel değişkenleri ve sayaçları ayarlar.
- Bağlantı kurmayı talep eden taraf UA cevabını alınca yerel değişkenleri ve sayaçları ayarlayıp zamanlayıcıyı durdurur.
- İki taraf çerçeve gönderip almaya başlayabilir.
- Sonlandırma için herhangi bir taraf DISC komutu gönderir. Diğer taraf UA ile cevap verir.



HDLC İşlemi – Örnek

(Full-duplex I-çerçeve değişimi)

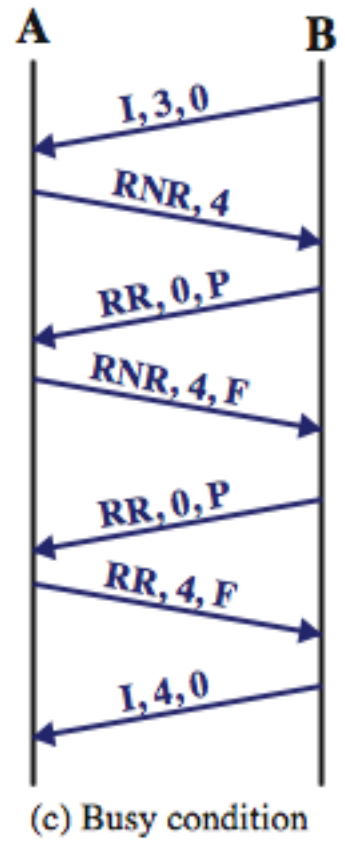
- Bir taraf herhangi bir veri almadan I-çerçeveleri gönderirse alma numarası $N(R)$ tekrar edilir. (Örnek: $I,1,\mathbf{1}$; $I,2,\mathbf{1}$ $A \rightarrow B$ yönünde).
- Bir taraf karşı tarafa I-çerçevesi göndermeden birden fazla I-çerçevesi alırsa bir sonraki gönderiminde birikimli olarak numarası $N(R)$ gönderilir. (Örnek: $I,0,\mathbf{1}$; $I,1,\mathbf{3}$ $B \rightarrow A$ yönünde).



HDLC İşlemi – Örnek

(Meşgul Durumu)

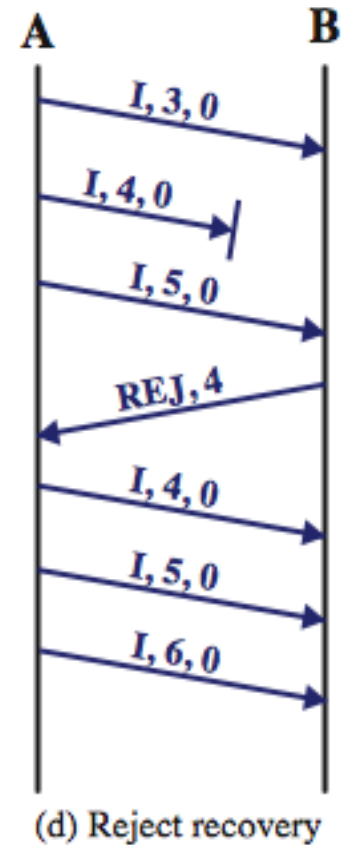
- Alıcının tamponu dolduğu için gelen I-çerçevelerinin akışını belirli süre durdurmak ister. Bunun için RNR komutu gönderir. A tarafı RNR komutu göndererek B tarafının I-çerçevesi göndermesini durdurmasını ister.
- B çerçeve gönderimini RR komutunu (P biti ile) göndererek durdurur.
- Meşgul duruma geçmenin tamamlanması A tarafının RR veya RNR komutu göndermesi ile gerçekleşir.
- Meşgul durum bitince, A RR komutunu (F biti ile) gönderir.
- B tarafı tekrardan I-çerçevesi göndermeye başlar.



HDLC İşlemi – Örnek

(REJ ile Hatadan Kurtarma)

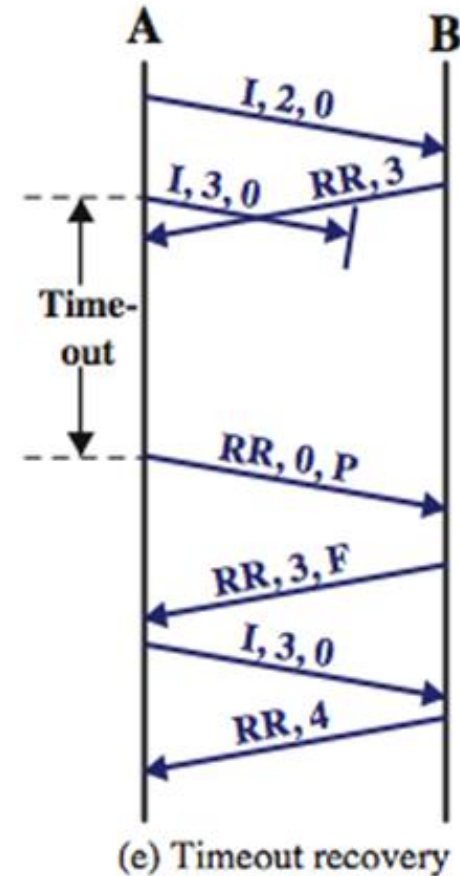
- “A” 3, 4 ve 5 nolu I-çerçevelerini gönderir.
- 4 nolu çerçeve hatayla karşılaşır ve kaybolur.
- “B” 5 numaralı I-çerçevesini alınca sırası doğru olmadığından onu atar ve ret mesajı (REJ,4) gönderir
- “A” 4 nolu çerçeveden başlayarak daha önce gönderdiği bütün I-çerçeveleri tekrardan gönderir. (4, 5)
- “A” tekrar gönderimden sonra ilave çerçeveler de gönderebilir. (6)



HDLC İşlemi – Örnek

(Zaman aşımı ile Hatadan Kurtarma)

- “A” en son 3 nolu I-çerçevesini gönderir.
- “B” hata algılar ve ilgili çerçeveyi atar. Ancak REJ mesajı göndermez. Çünkü ilgil çerçevenin I-çerçevesi olup olmadığını bilemez.
- “A” ilgili çerçeve gönderildiğinde zamanlayıcı başlatır.
- Zaman aşımı oluşunca “A” kurtarma işlemini başlatır. Karşı tarafa RR komutunu (P biti ile) göndererek en son alınan çerçeveyi sorgular
- “A” N(R) alanı içeren bir çerçeve alarak gönderime devam eder.
- Bu durumda “B” 3 nolu çerçevenin beklendiğini bildirir.
- “A” da 3 nolu çerçeveyi tekrar gönderir.



Özet

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

Teşekkür Ederim

*Sağlıklı ve mutlu bir hafta
geçirmeniz temennisiyle, iyi
çalışmalar dilerim...*