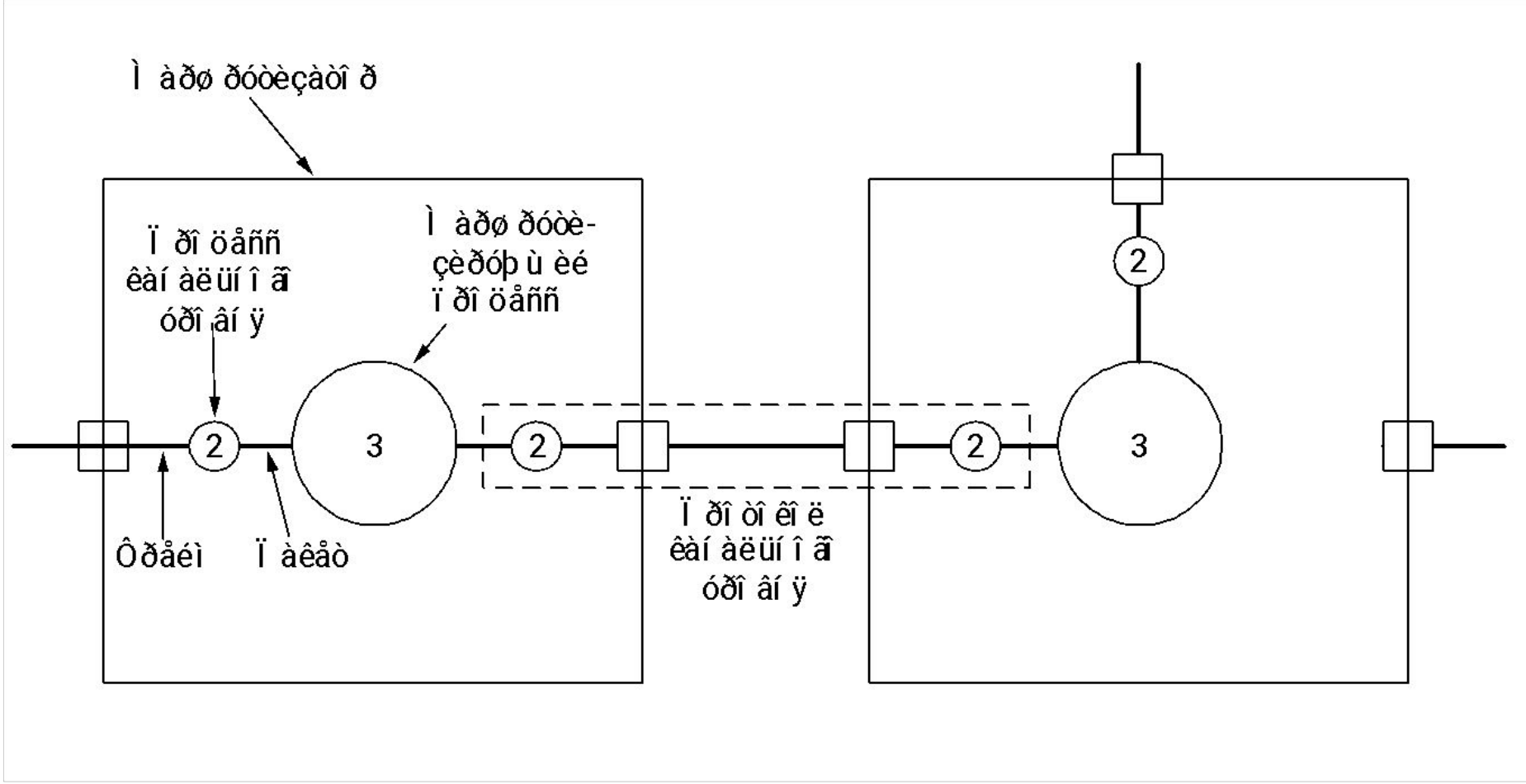
Виды сервисов канального уровня

- Сервис без подтверждений, без установки соединения (Unacknowledged connectionless service)
- Сервис с подтверждениями, без установки соединения (Acknowledged connectionless service)
- Сервис с подтверждениями, ориентированный на соединение (Connection-oriented service)

Протокол канального уровня



Подуровни канального уровня

- LLC (Logical Link Control) подуровень управления логической связью

(управление потоком, синхронизация передачи, контроль ошибок)

- MAC (Media Access Control) подуровень управления доступом к среде

(логическая топология, методы доступа к среде, адресация)

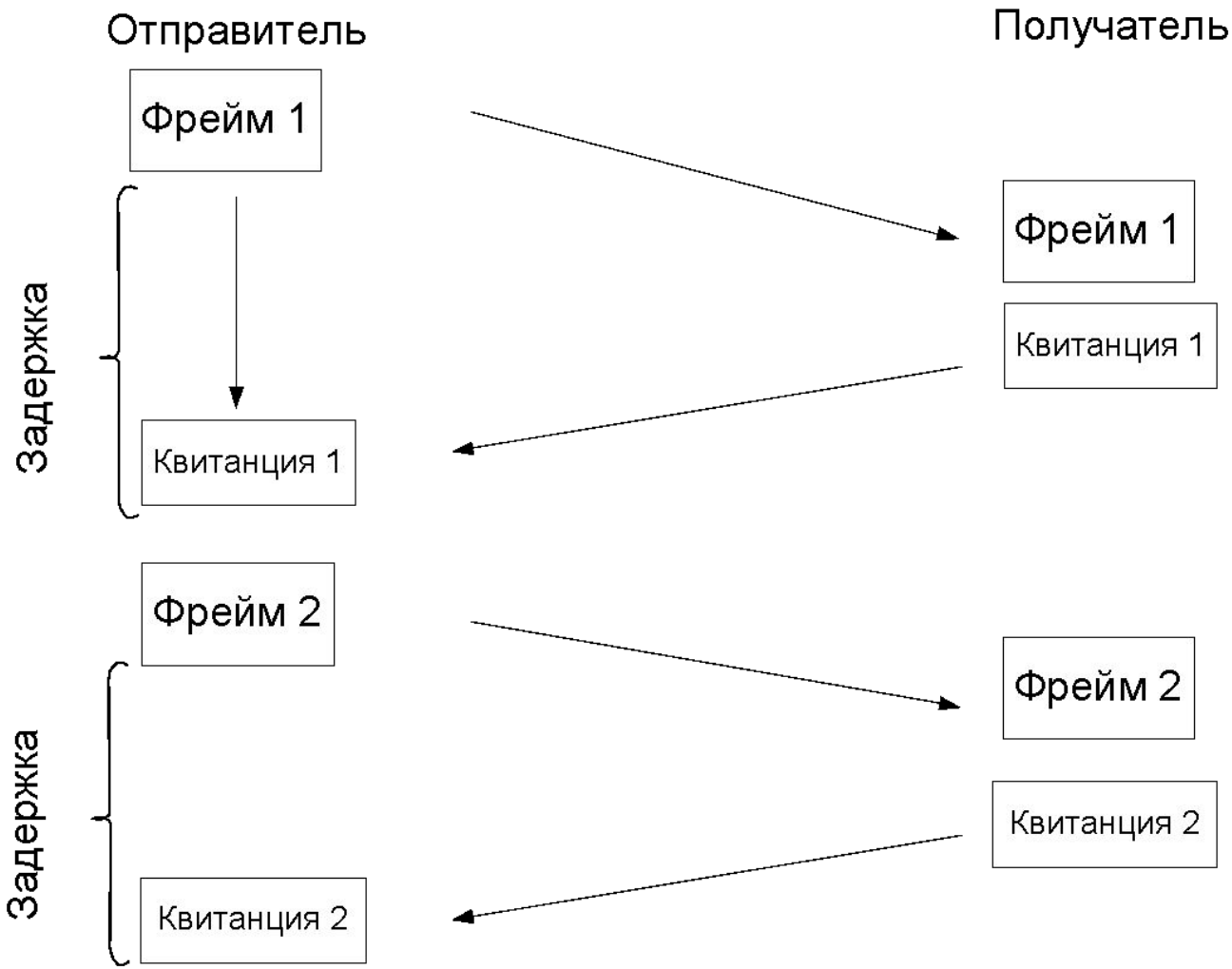
Управление потоком

- С помощью возвращаемого окна

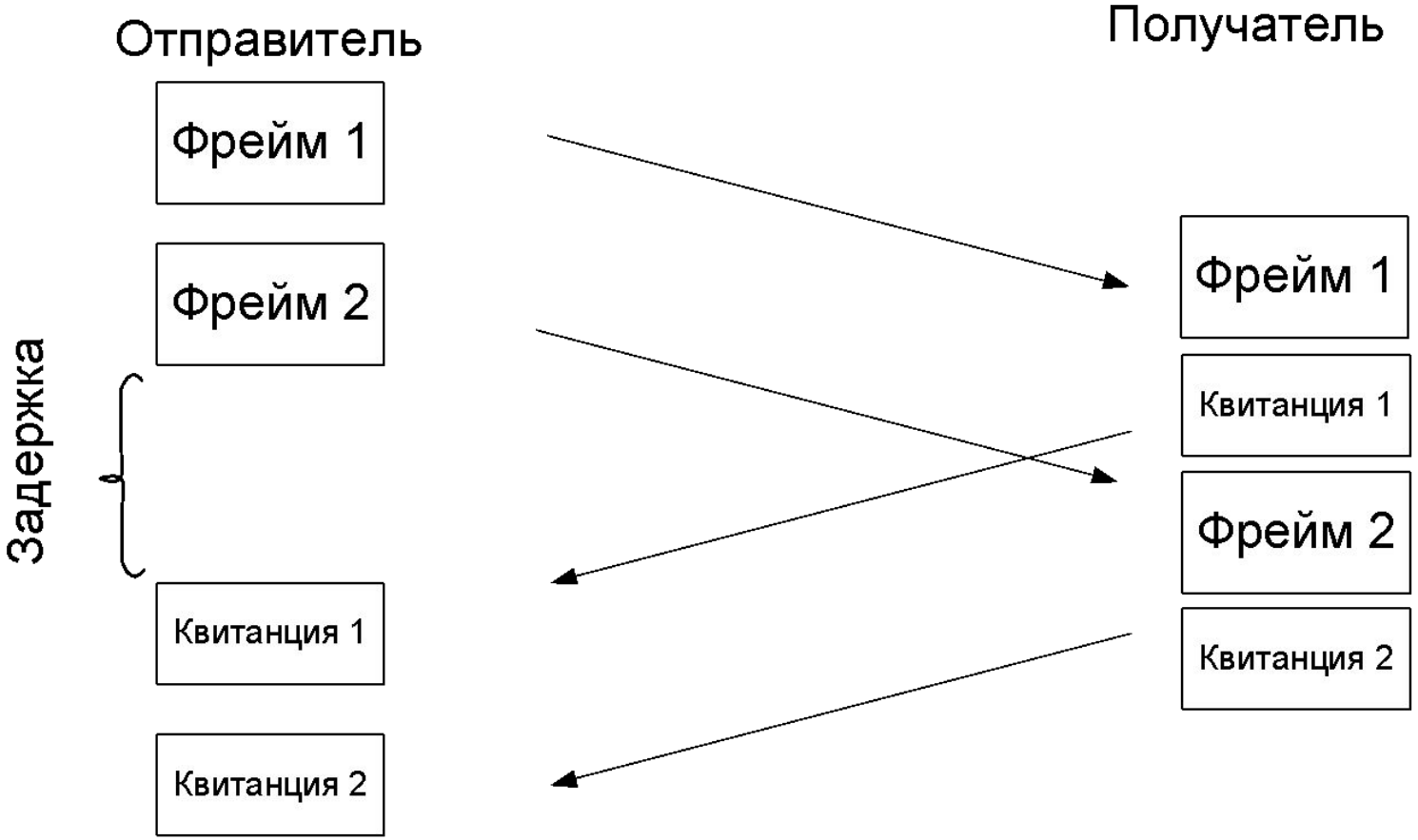
(статическое и динамическое окно)

- С гарантированной величиной потока

Передача одного фрейма с подтверждением



Конвейерная обработка

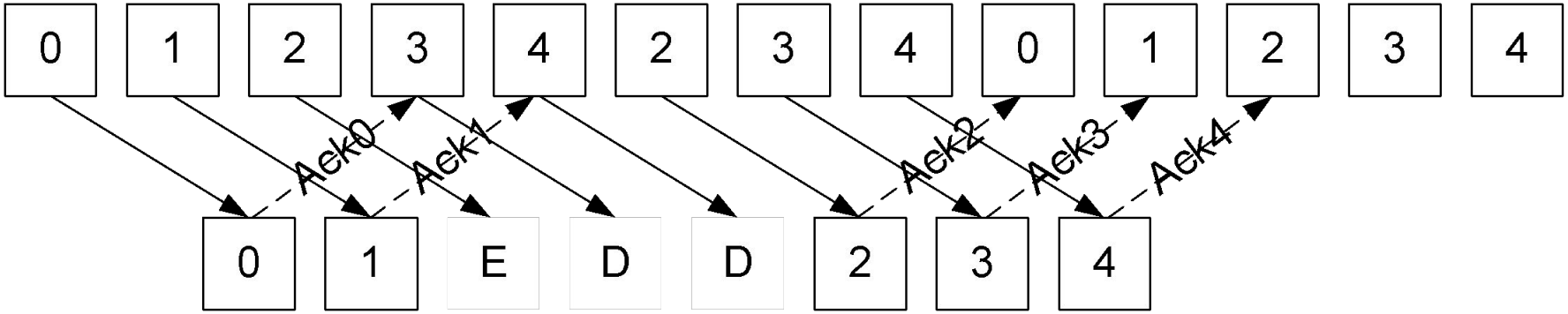


Гарантированная величина потока

- Отправитель и получатель предварительно уравнивают скорости передачи и гарантируют её постоянство в течении всей передачи

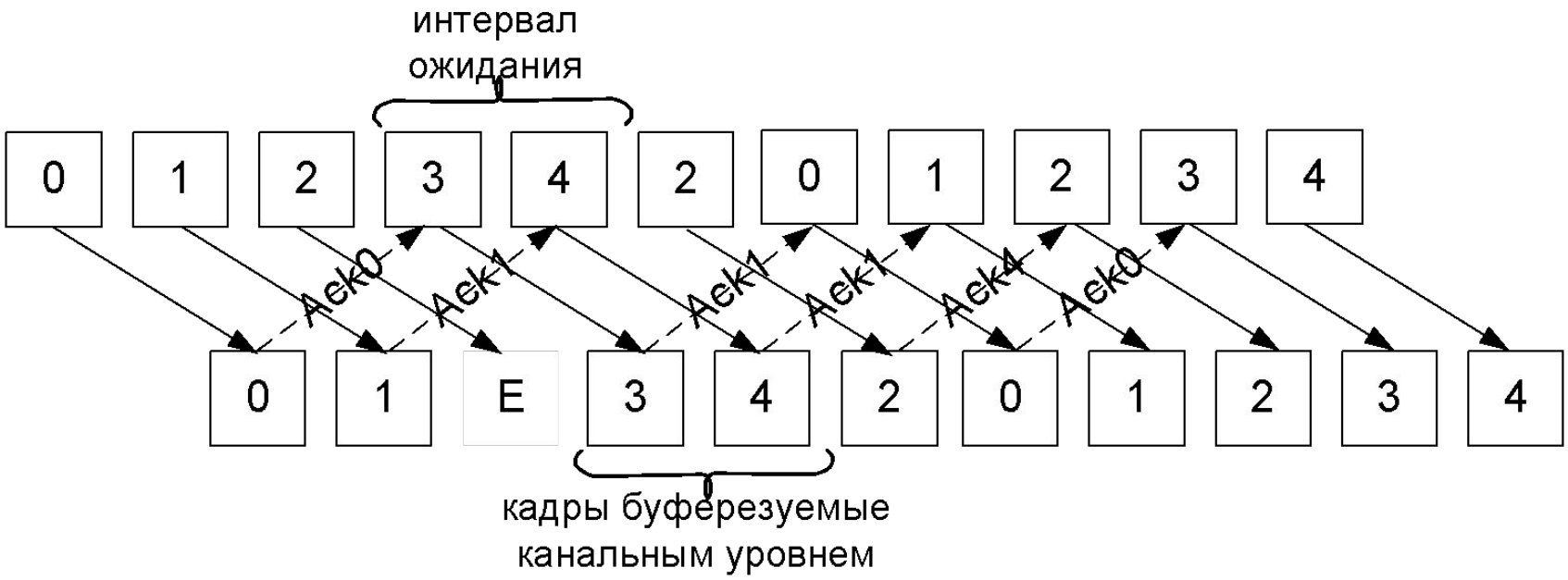
При возникновении ошибок

- Возврат на n



При возникновении ошибок

- Выборочный повтор



Исправление и обнаружение ошибок

Два основных вида ошибок: 1) потеря кадра полностью; 2) прием кадра с инвертированными битами - в этом случае используются спец. коды

- Коды с обнаружением ошибок
- Коды с исправлением ошибок

Корректирующие коды

Char.	ASCII	Check bits
H	1001000	00110010000
a	1100001	10111001001
m	1101101	11101010101
m	1101101	11101010101
i	1101001	01101011001
n	1101110	01101010110
g	1100111	01111001111
	0100000	10011000000
c	1100011	11111000011
o	1101111	10101011111
d	1100100	11111001100
e	1100101	00111000101

Order of bit transmission

Код Хэмминга для исправления множественных ошибок

Обнаруживающие коды

Frame : 1 1 0 1 0 1 1 0 1 1

Generator: 1 0 0 1 1

Message after 4 zero bits are appended: 1 1 0 1 0 1 1 0 1 1 0 0 0 0

```
                1 1 0 0 0 0 1 0 1 0
1 0 0 1 1 | 1 1 0 1 0 1 1 0 1 1 0 0 0 0
            1 0 0 1 1
              1 0 0 1 1
              1 0 0 1 1
                0 0 0 0 1
                0 0 0 0 0
                  0 0 0 1 0
                  0 0 0 0 0
                    0 0 1 0 1
                    0 0 0 0 0
                      0 1 0 1 1
                      0 0 0 0 0
                        1 0 1 1 0
                        1 0 0 1 1
                          0 1 0 1 0
                          0 0 0 0 0
                            1 0 1 0 0
                            1 0 0 1 1
                              0 1 1 1 0
                              0 0 0 0 0
                                1 1 1 0   Remainder
```

Transmitted frame: 1 1 0 1 0 1 1 0 1 1 1 1 1 0

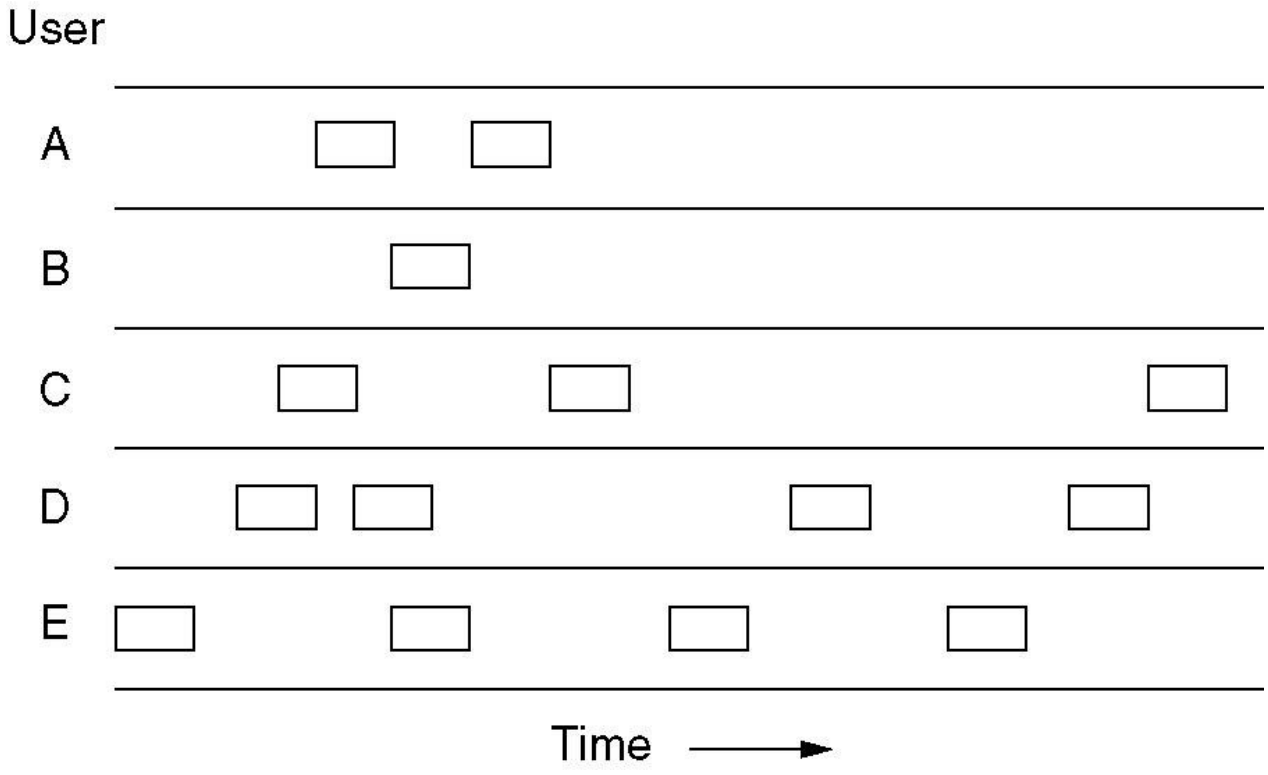
Циклический избыточный код CRC

Оборудование физического и канального уровней

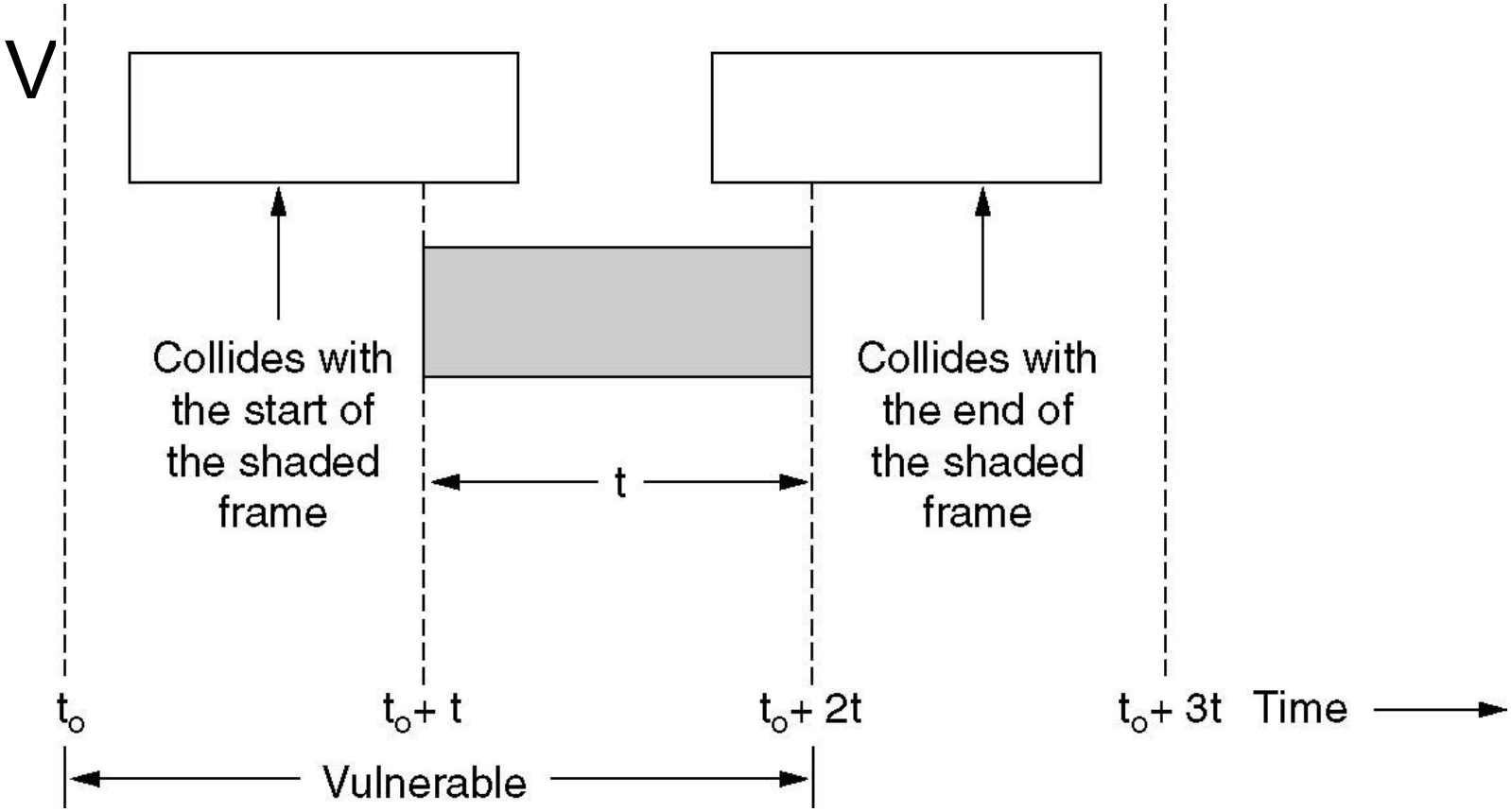
- Физический (концентраторы, повторители, модемы, коннекторы)
- Канальный (сетевые карты, мосты, интеллектуальные концентраторы, коммутаторы)

Pure ALOHA

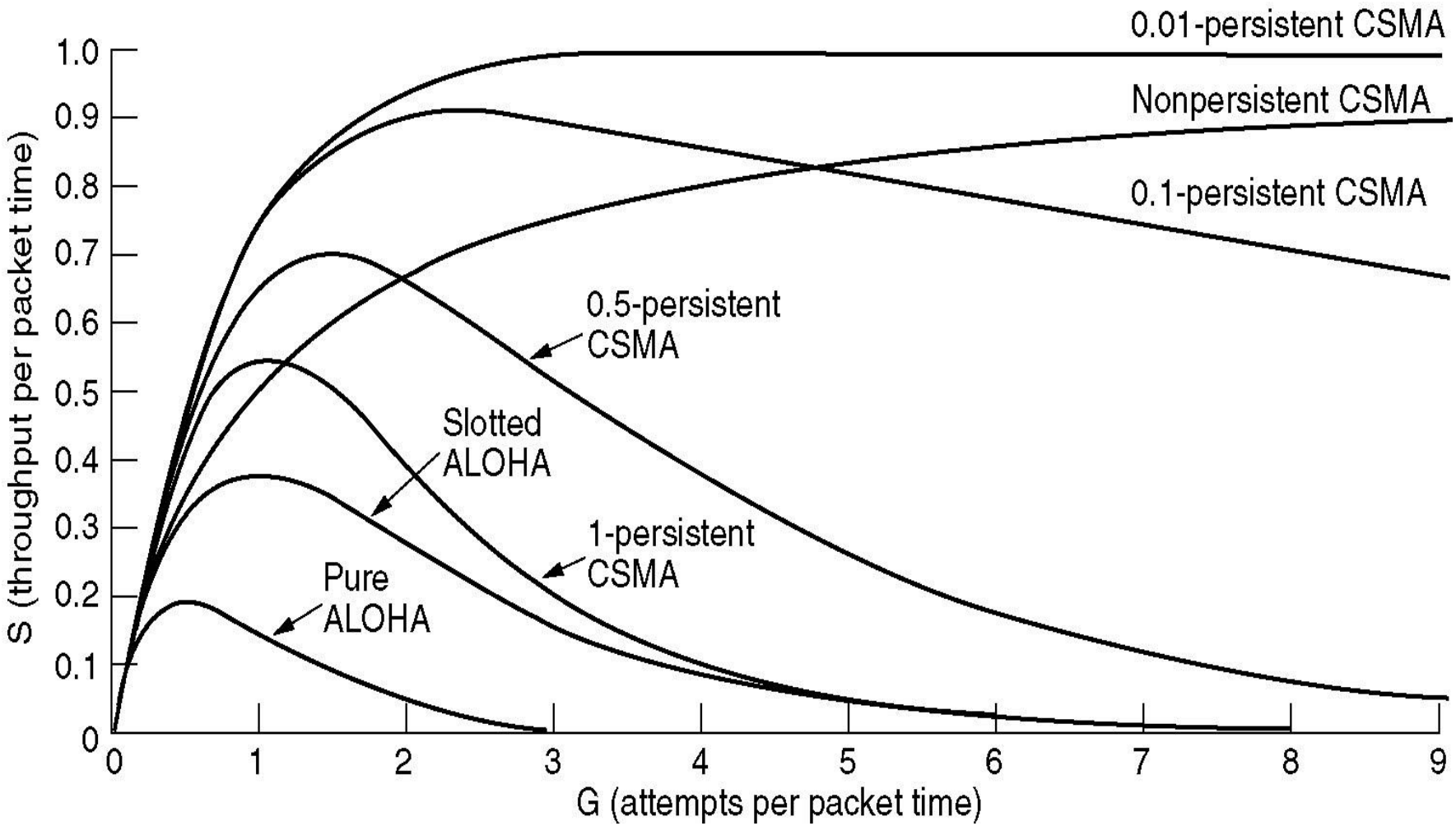
In pure ALOHA, frames are transmitted at completely arbitrary times.



Pure ALOHA (2)

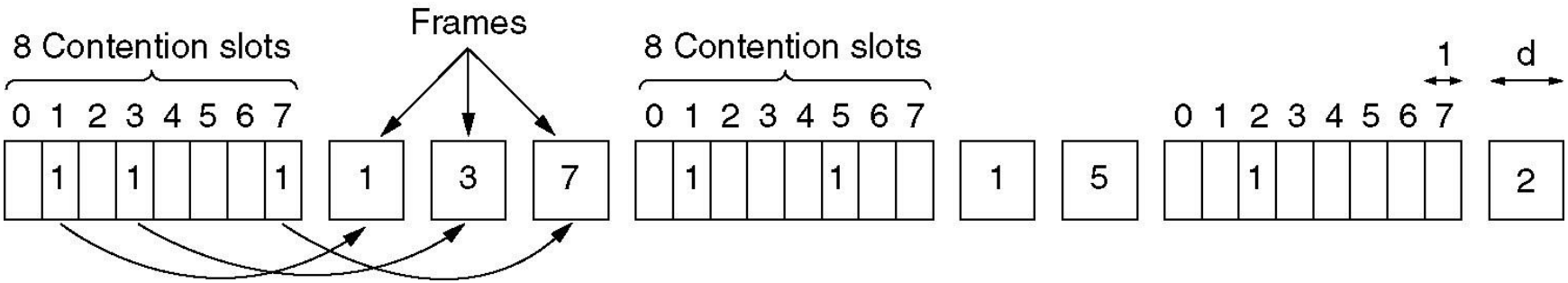

V
Collides with the start of the shaded frame
Collides with the end of the shaded frame
t
t_o
t_o+ t
t_o+ 2t
t_o+ 3t
Time
Vulnerable

Persistent and Nonpersistent CSMA

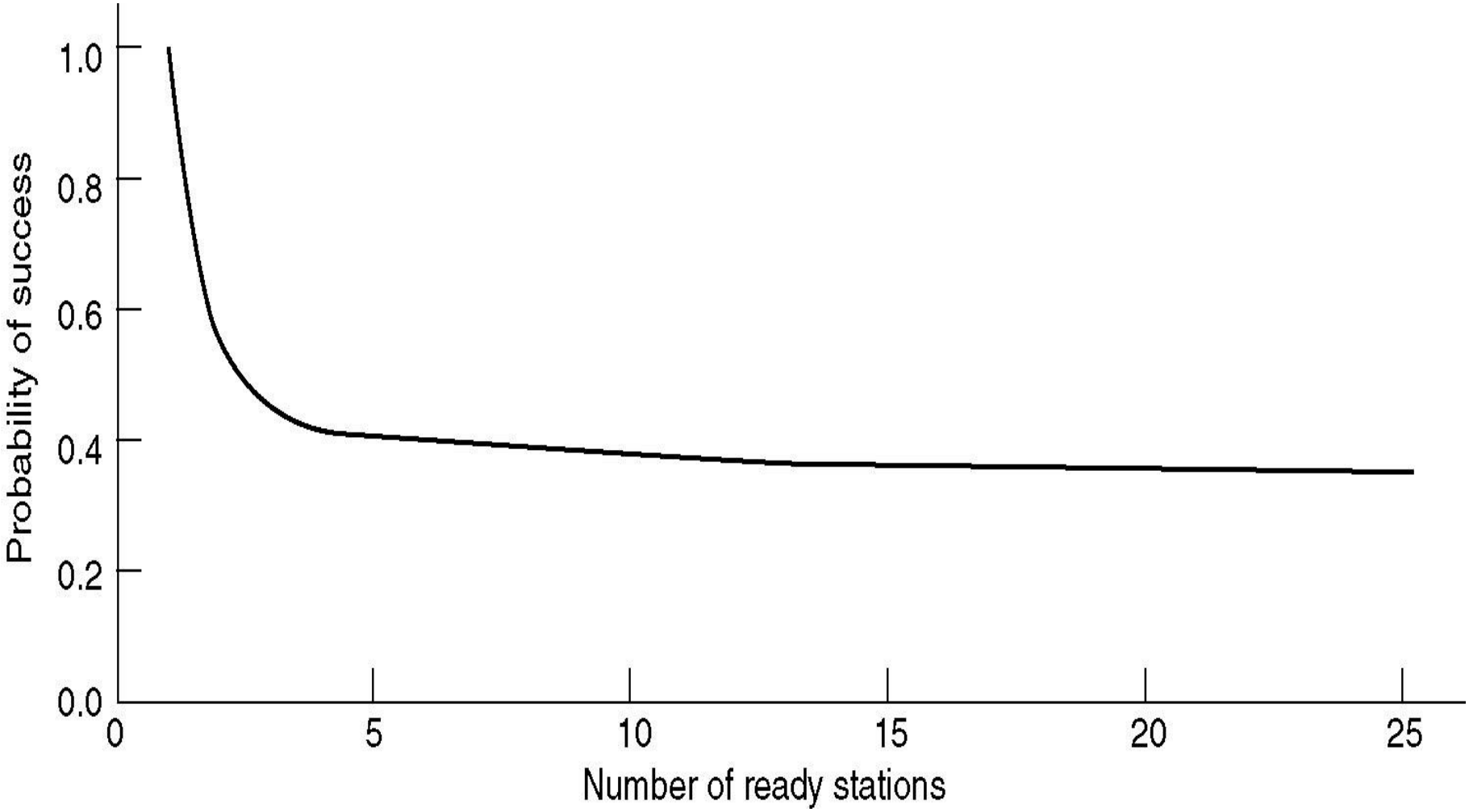


Collision-Free Protocols

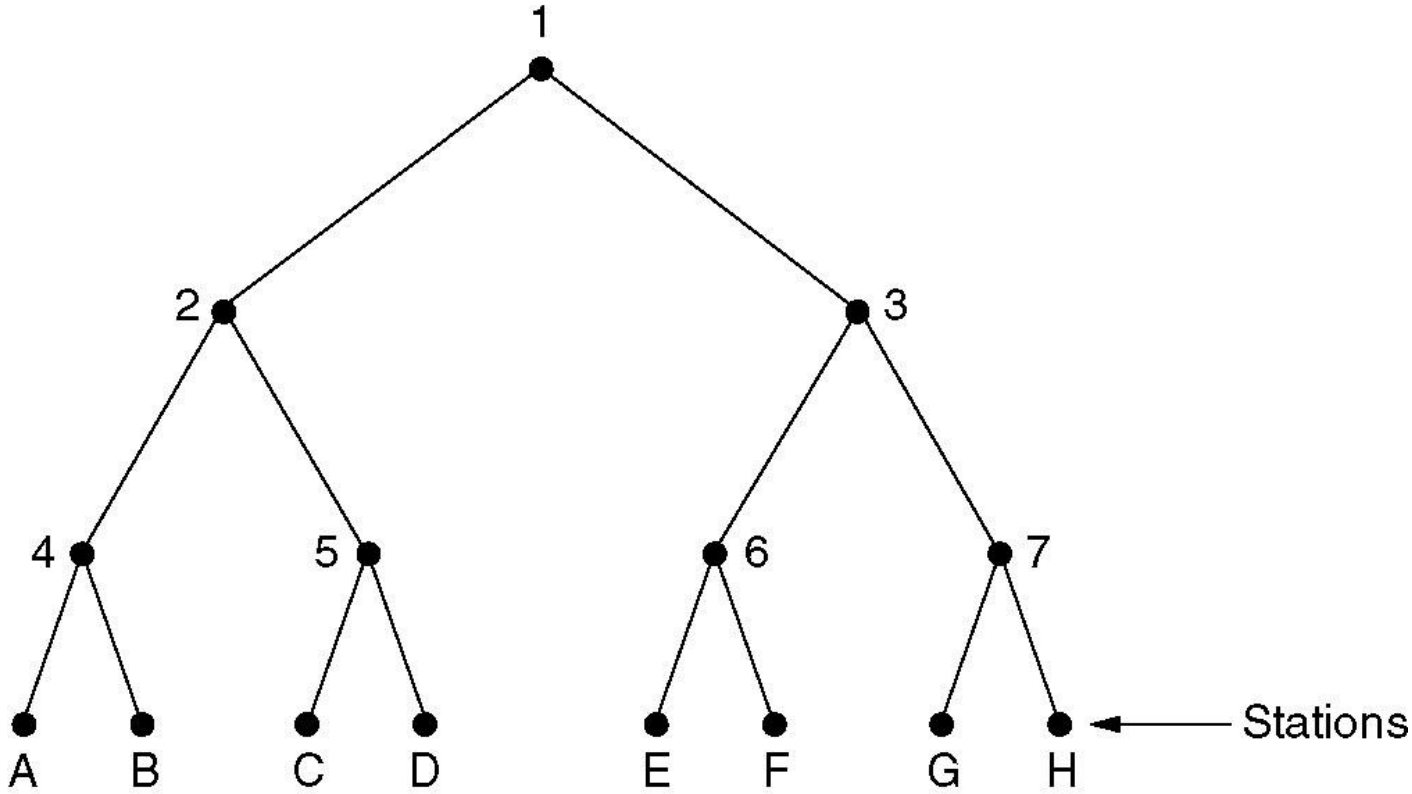
The basic bit-map protocol.



Limited-Contention Protocols



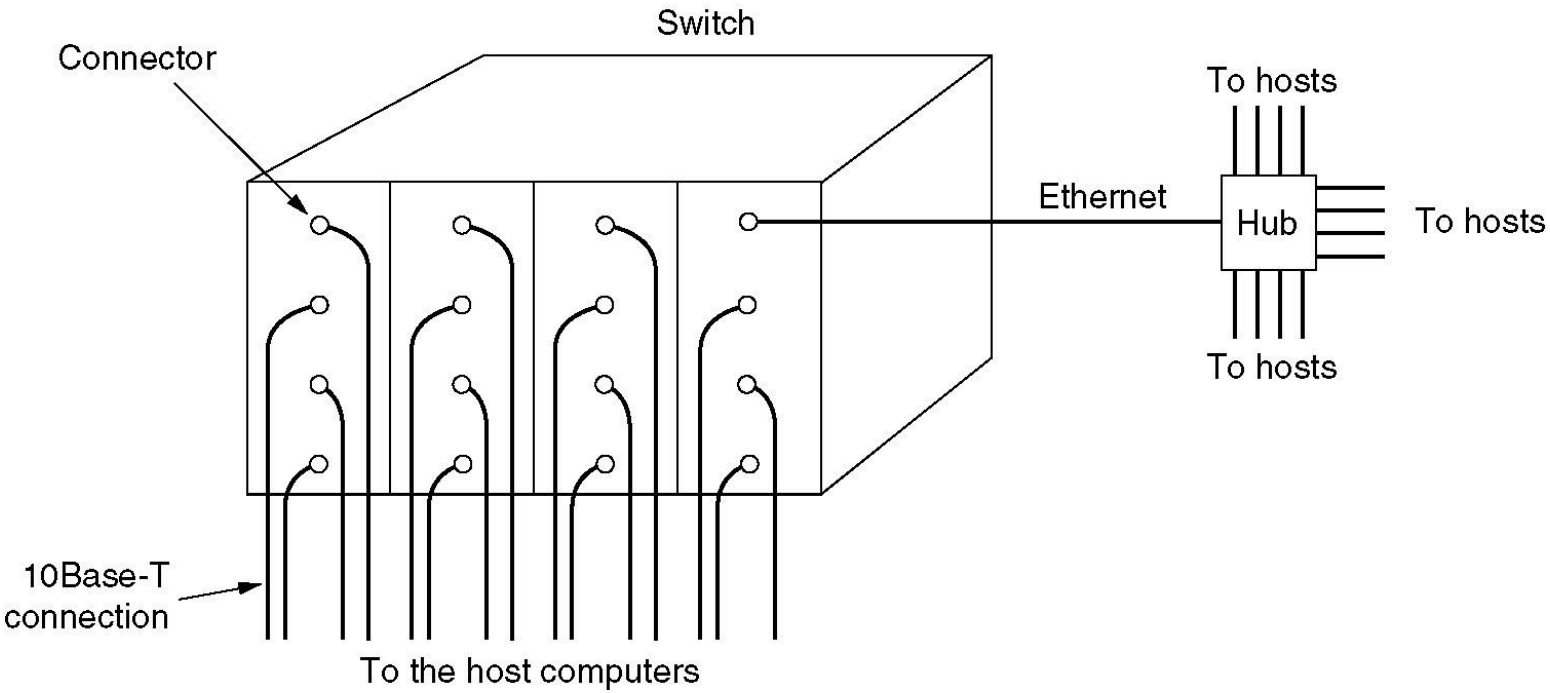
Adaptive Tree Walk Protocol



Ethernet

- Switched Ethernet
- Fast Ethernet
- Gigabit Ethernet
- IEEE 802.2: Logical Link Control
- Retrospective on Ethernet

Switched Ethernet

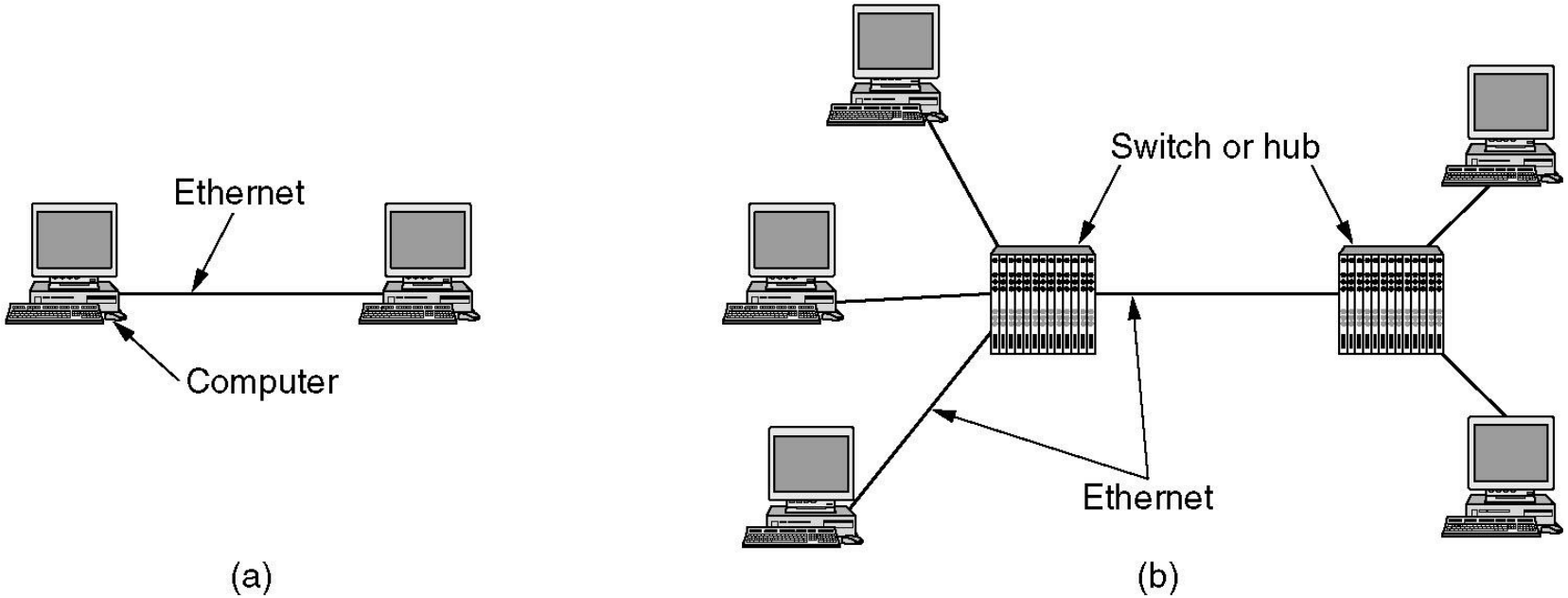


Fast Ethernet

The original fast Ethernet cabling.

Name	Cable	Max. segment	Advantages
100Base-T4	Twisted pair	100 m	Uses category 3 UTP
100Base-TX	Twisted pair	100 m	Full duplex at 100 Mbps
100Base-FX	Fiber optics	2000 m	Full duplex at 100 Mbps; long runs

Gigabit Ethernet



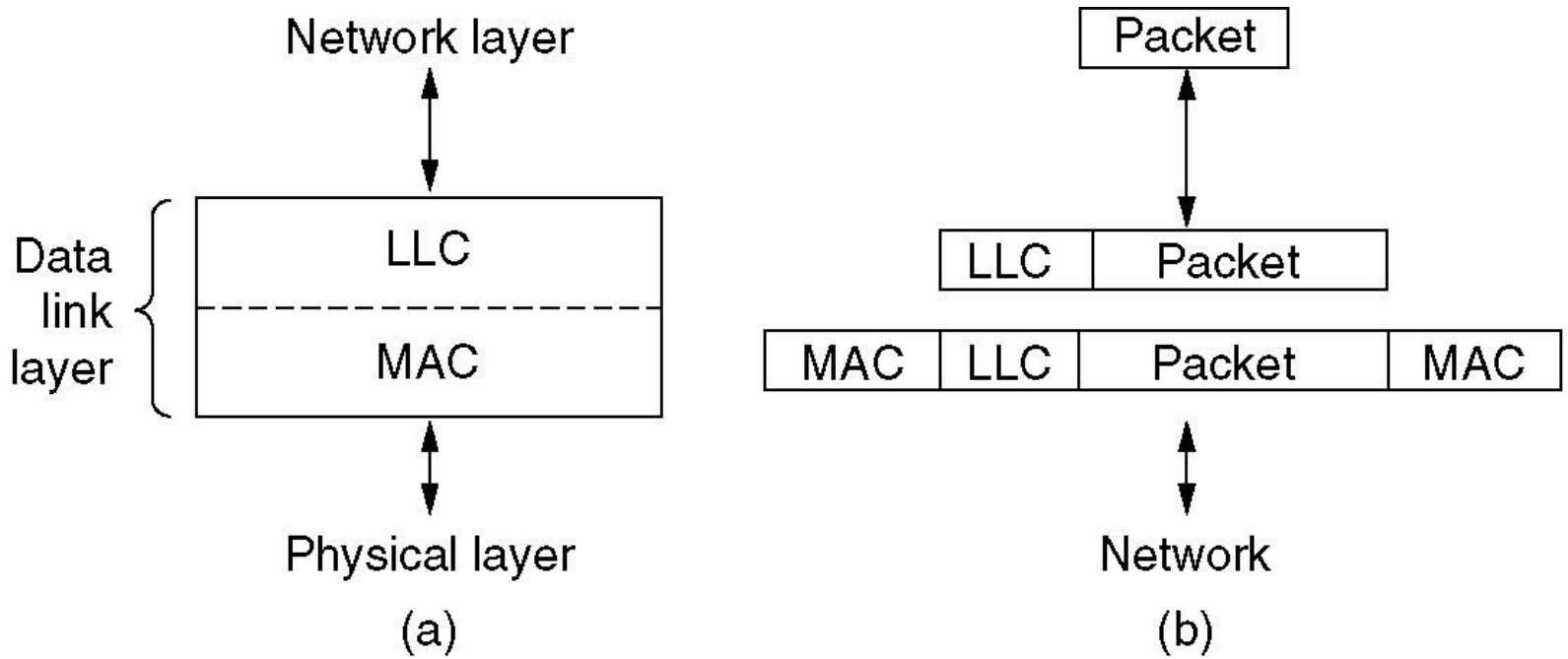
(a) A two-station Ethernet. (b) A multistation Ethernet.

Gigabit Ethernet (2)

Gigabit Ethernet cabling.

Name	Cable	Max. segment	Advantages
1000Base-SX	Fiber optics	550 m	Multimode fiber (50, 62.5 microns)
1000Base-LX	Fiber optics	5000 m	Single (10 μ) or multimode (50, 62.5 μ)
1000Base-CX	2 Pairs of STP	25 m	Shielded twisted pair
1000Base-T	4 Pairs of UTP	100 m	Standard category 5 UTP

IEEE 802.2: Logical Link Control

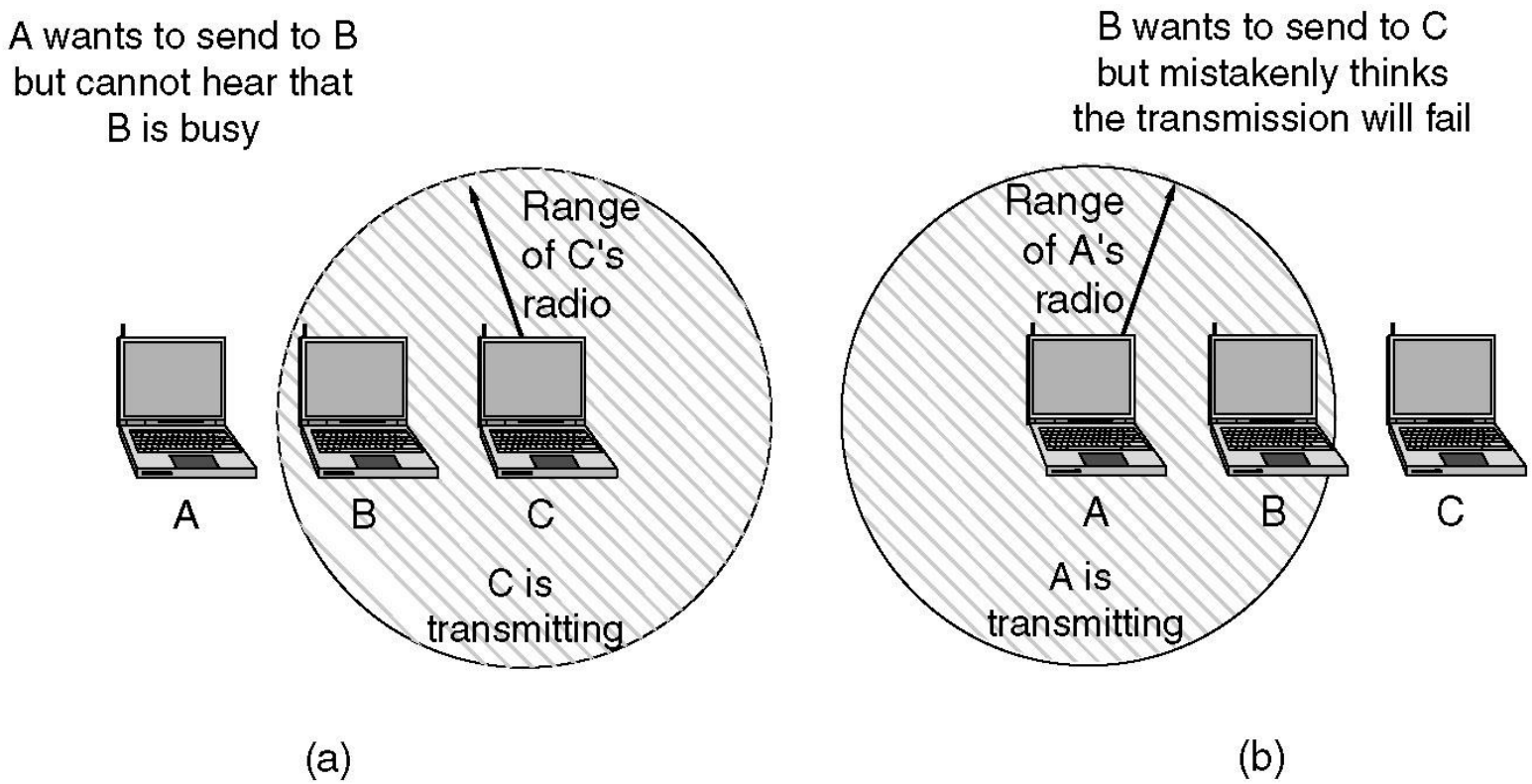


(a) Position of LLC. (b) Protocol formats.

The 802.11 MAC Sublayer Protocol

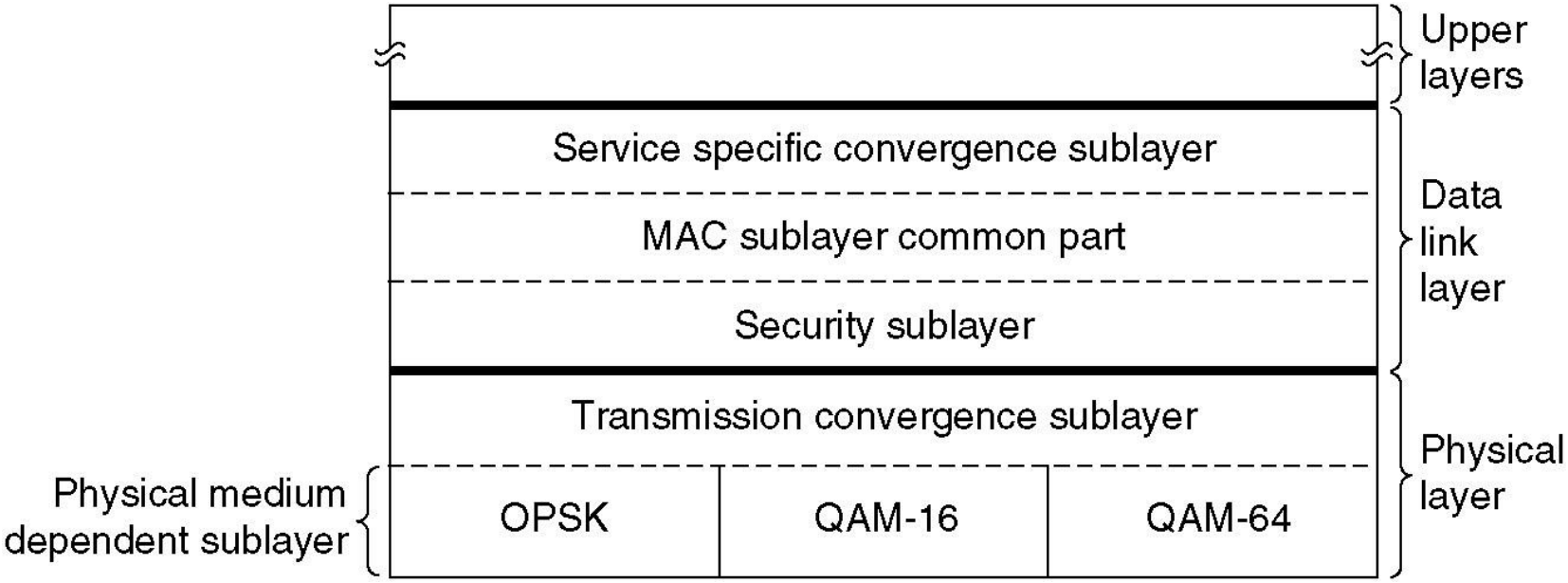
(a) The hidden station problem.

(b) The exposed station problem.

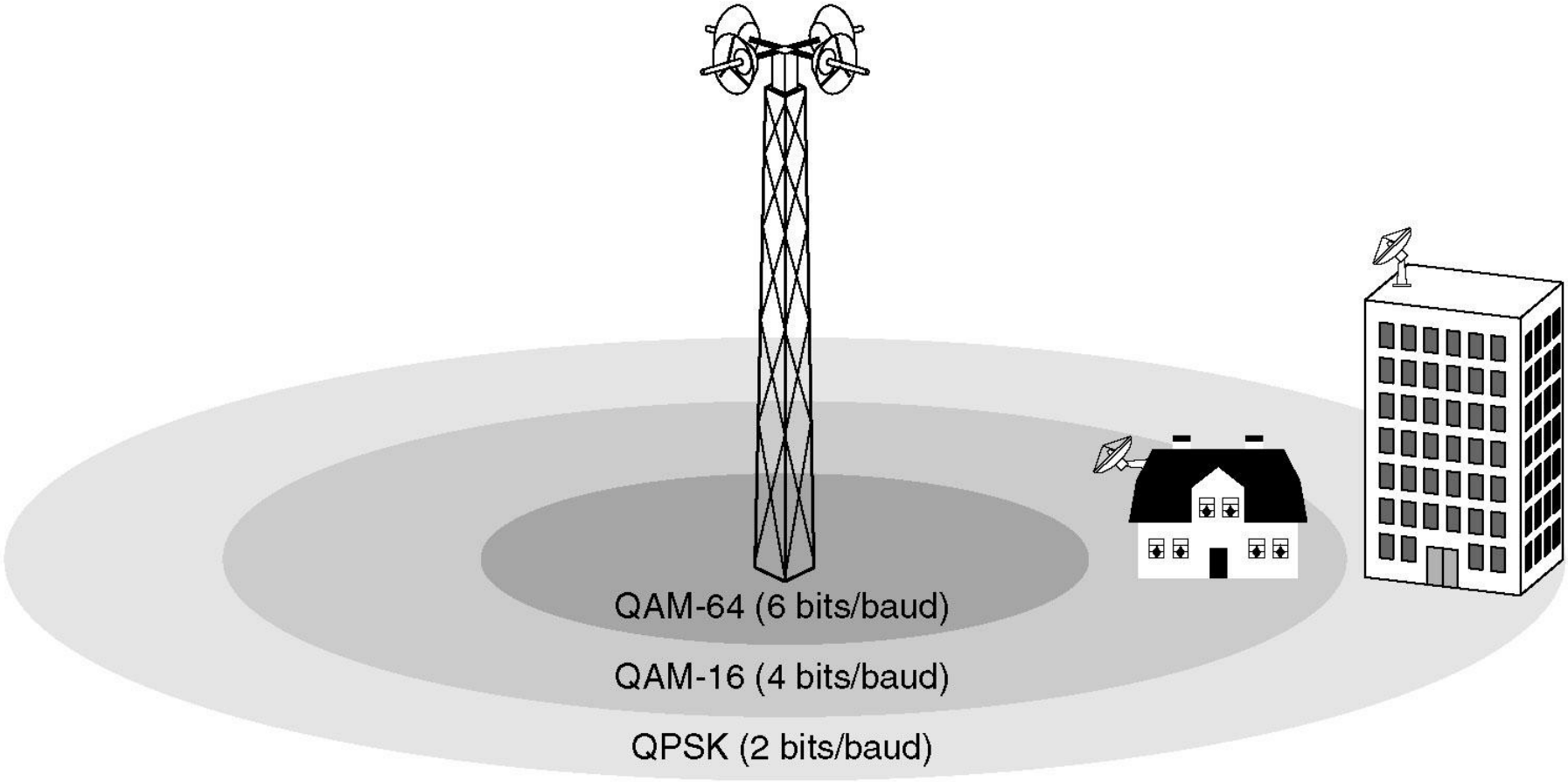


The 802.16 Protocol Stack

The 802.16 Protocol Stack.



The 802.16 Physical Layer



The 802.16 transmission environment.