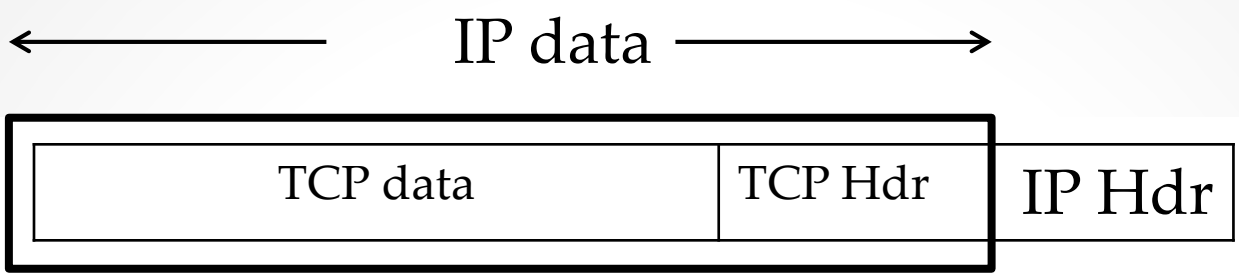
Интернет: Обнаружение ошибок передачи

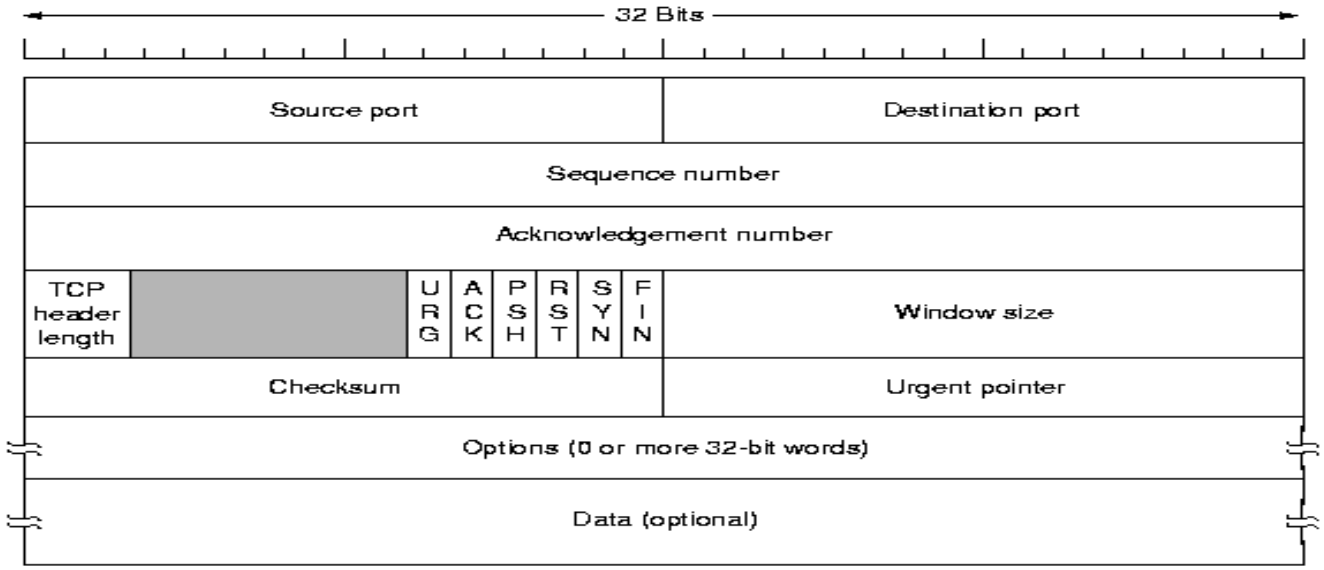
(Смелянский Компьютерные сети. т.1, стр. 116-122)

Введение в компьютерные сети

проф. Смелянский Р.Л.
Лаборатория Вычислительных комплексов
ф-т ВМК МГУ

Обнаружение ошибок





Способы обнаружения ошибок

- *Добавление контрольной суммы в пакеты IP, TCP*
  - *Быстро, аппаратно, но можно и программно*
  - *Не очень надежно*
- *Полиномиальные CRC коды (Ethernet)*
  - *Дороже контрольной суммы (вычисляются аппаратно)*
  - *Защищают от групповых ошибок, пакетов ошибок и ошибок четности*
- *Использование специальных кодов*

контрольная сумма в IP пакете

- *IP, UDP и TCP используют один и тот же алгоритм комплементарной контрольной суммы:*
  - *Установить поле checksum= 0*
  - *Сложить все 16 разрядные слова в пакете*
  - *Установить разряд четности*
  - *Контрольная сумма должны быть такой чтобы сумма всего пакета, включая контрольную сумму была бы 0xffff*
- *Основное достоинство – простота*
- *Недостаток – слабая защита от ошибок (только одиночные ошибки).*

Обнаружение и исправление ошибок

(см. учебник т.1 стр.116-122)

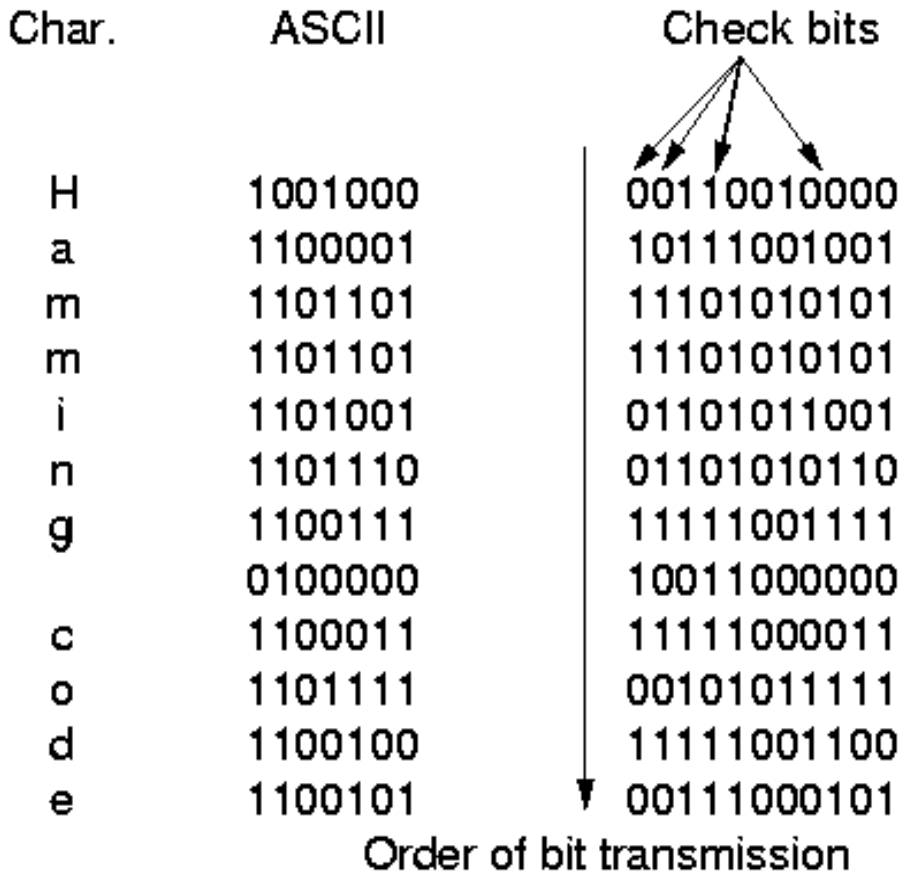
- *Ошибки единичные и групповые (блочные)*
- *Коды с обнаружением ошибок*
  - *кодослово*
  - *расстояние Хемминга*
- *Коды исправляющие ошибки*

0000000000, 0000011111, 1111100000,1111111111

$$(n+1)2^m \le 2^n;\ (m+r+1) \le 2^r$$

Коды с исправлением ошибок

- *Код Хемминга для единичных ошибок*
  - *разряды кодослова нумеруют слева направо, начиная с 1;*
  - *все биты, номера которых есть степень 2 (1,2,4,8,16 и т.д.) - контрольные, остальные - биты сообщения;*
  - *каждый контрольный бит отвечает за четность группы битов, включая себя. Один и тот же бит может относиться к разным группам. Значение бита сообщения определяется по значениям контрольных битов. Чтобы определить какие контрольные биты контролируют бит в позиции k надо представить значение k по степеням двойки. Например, 11= 1+2+8, 39=1+2+4+32.*



Код Хемминга для исправления одиночных ошибок

Коды обнаруживающие ошибки

- Групповые ошибки
- Биты четности не позволяют эффективно бороться с групповыми ошибками
- Иногда перепослать дешевле, чем исправить
- CRC код (Cyclic Redundancy Code)
  - строка 110001 представляет полином $x^5+x^4+x^0$
  - арифметика выполняется по модулю 2

Коды обнаруживающие ошибки (CRC)

- *Отправитель и получатель договариваются о конкретном генераторе полиномов G(x) степени r (коэффициенты при старшем члене и при младшем члене должны быть равны 1).*
- *Для вычисления контрольной суммы блока из m бит надо чтобы обязательно m>r.*
- *Добавить контрольную сумму к передаваемому блоку, рассматриваемому как полином M(x) так, чтобы передаваемый блок с контрольной суммой был кратен G(x). Когда получатель получает блок с контрольной суммой, он делит его на G(x). Если есть остаток, то были ошибки при передаче.*

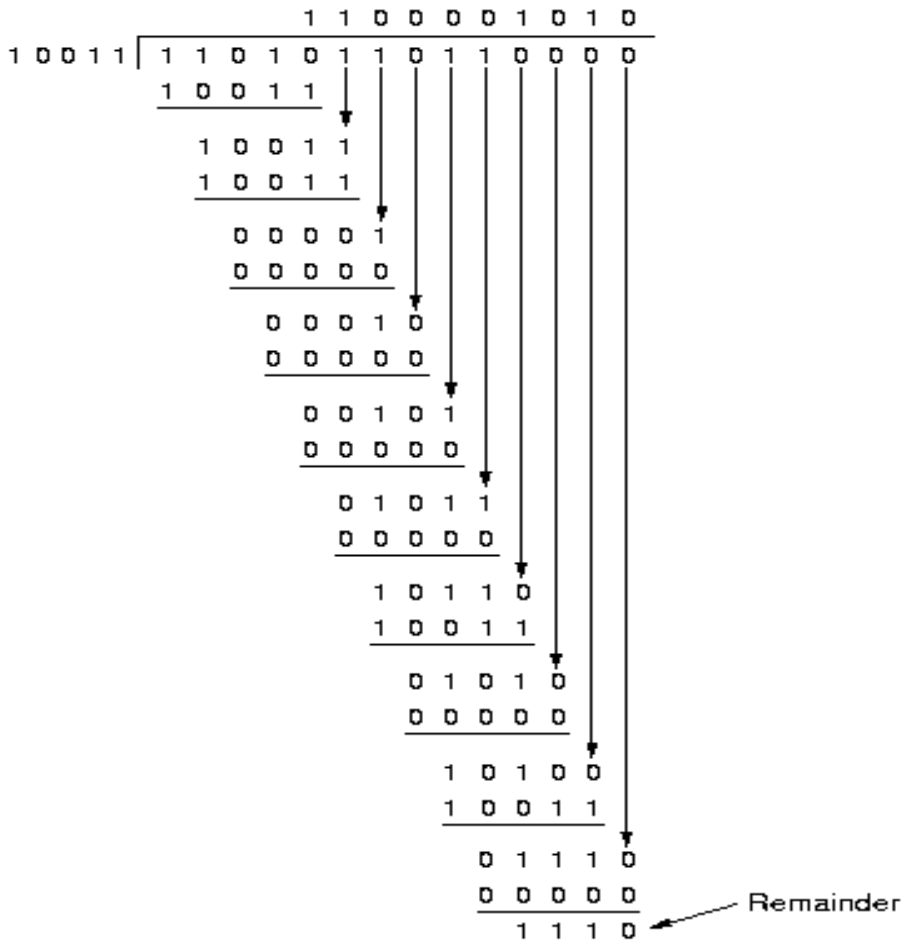
Коды обнаруживающие ошибки

- *Алгоритм вычисления контрольной суммы:*
  - *Добавить r нулей в конец блока так, что он теперь содержит m+r разрядов и соответствует полиному $x^r M(x)$;*
  - *Разделить по модулю 2 полином $x^r M(x)$ на $G(x)$;*
  - *Вычесть остаток (длина которого всегда не более r разрядов) из строки, соответствующей $x^r M(x)$, по модулю 2. Результат и есть блок с контрольной суммой (назовем его $T(x)$).*

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

Generator: 1 0 0 1 1

Message after appending 4 zero bits: 1 1 0 1 0 1 1 0 0 0 0



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

Коды обнаруживающие ошибки

- *Существует три международных стандарта на вид G(x):*
  - *CRC-12* $= x^{12}+x^{11}+x^3+x^2+x+1$
  - *CRC-16* $= x^{16}+x^{15}+x^2+1$
  - *CRC-CCITT* $= x^{16}+x^{12}+x^5+1$
- *CRC-12 используется для передачи символов из 6 разрядов. Два остальных - для 8 разрядных. CRC-16 и CRC-CCITT ловят одиночные, двойные ошибки, групповые ошибки длины не более 16 и нечетное число изолированных ошибок с вероятностью 99,997%.*

Message Auth. Code

- *Message Authentication Code (MAC)*
  - *Не путать с Media Access Control!*
- *Использует криптографию для вычисления m= MAC (M,s), |m|<<|M|*
  - *M известно, s – секретно => можем проверить m= MAC (M,s), |m|<<|M|*
  - *Если s не известно, то получить m практически не возможно*
  - *Если известно m, то практически не возможно вычислить M,*
- *Не столь устойчиво к ошибкам как CRC*
- *Защищает от злоумышленников*

Схемы обнаружения ошибок

- *Контрольная сумма добавляется в IP, TCP, UDPпакеты*
  - *Быстро, дешево*
  - *Неустойчиво*
- *CRC коды используются в Ethernet кадрах*
  - *Дороже чем контрольная сумма*
  - *Устойчивы к двукратным ошибкам, групповым ошибкам и ошибкам четности*
- *Использование кодов с обнаружением ошибок (бит четности)*