
Определяне на оптимален формат на кадъра за локална мрежа с инфрачервен дифузен канал

Grisha SPASSOV TU- Plovdiv e-mail: gvs@tu-plovdiv.bg
Yovko LAMBREV TU- Plovdiv

During the last few years the complexity of data communications has increased significantly. The variety of networking solutions available on the market is far more important today than before. When a new data communications product is launched in such a complex environment, many different product design and system aspects have to be considered. This paper addresses such aspects for the Optical Nondirective Wireless Local Area Network. The focus is on the transmission medium - Diffusive Infrared channel and its major characteristic - the Bit Error Ratio in connection with the frame format determining.

Дифузен инфрачервен канал

Алтернативата на кабелните връзки между терминалите на дадена компютърна мрежа е безжичната комуникация. В тази статия разглеждаме дифузно оптично лъчение в близкия инфрачервен спектър като предавателна среда за връзка на няколко терминала, разположени в едно помещение. Всеки терминал е снабден с фотодиод и светодиод за преобразуване на оптичния сигнал в електрически и обратно. Инфрачервената светлина се поглъща от тъмни обекти, директно се отразява от огледала и светли метали и дифузивно се отразява от светли обекти. Тези дължини на вълната преминават през стъкла, но не и през стени, което е важно предимство пред безжичните компютърни мрежи по радиоканал, защото позволява клетки, разделени от стени да работят в съседство без интерференция. А това също осигурява и поверителност на информацията.

Можем да класифицираме инфрачервените връзки по два критерия. Първият от тях е степента на насоченост на предавателя и приемника. При директните връзки се използват насочени предаватели и приемници, а при недиректните ширококоъглини такива. Вторият критерий е свързан със съществуването на пряка видимост между предавателя и приемника [4]. Недиректният без пряка видимост канал се нарича *дифузен*.

Основното предимство на дифузната връзка е, че не е необходимо прецизно насочване на приемника и предавателя. Дифузните системи са много по-предразположени към ефекти на многолъчевост от тези с директен лъч. Техните по-големи снопове пренасят повече светлина до евентуалните отражатели, съответно и повече отразена светлина се детектира от широкоъгълния приемник [3] [6].

Ще разгледаме влиянието на физическата предавателна среда върху ефективността на протокола като ще изследваме конкретно влиянието на вероятността за грешен бит върху размера на полето за данни в кадъра.

Вероятност за грешен бит

Аналитичният модел използван в тази и следващата секция е описан от Bond и Benoit Mandelbrot[1].

Броят грешки, случили се през статистически значим период от време се нарича *вероятност за грешен бит, съотношение на грешните и предадени битове* или *bit error ratio*(BER).

$$BER = \lim_{p \rightarrow \infty} \frac{n(p)}{p},$$

където $n(p)$ е броят грешни битове, а p е общият брой изпратени битове[2].

За канал с $BER=p$ (теоретично е по-правилно да допуснем случайно разпределение на грешките в битовата последователност, която се предава) вероятността за n последователни грешни бита в съобщение е p^n , а вероятността за една или повече грешки в съобщение от n бита е $1-(1-p)^n$. Вероятността от серия от най-малко n последователни безгрешно предадени бита е предполагаемо такава:

$$P(EFI \geq n) = e^{-BER(n-1)}, \quad n \geq 1$$

Тази серия е наречена EFI (error-free interval) - интервал, свободен от грешки. Вероятността за такъв интервал намалява с увеличаване на дължината на интервала [1].

Пректиране на протоколи

Основното приложение на безжичните локални мрежи е обслужването на мобилни потребители. Характеристиките на канала и мобилността на потребителите променят топологията на мрежата и тези промени могат да са

твърде динамични. Мрежата трябва да работи нормално докато топологията и се изменя непрекъснато с времето. Групата 802.11 е установила двадесет изисквания за приемлив MAC-протокол. Тези препоръки могат да бъдат приложени към всяка безжична мрежа, а не само към IEEE 802.11 такава [5].

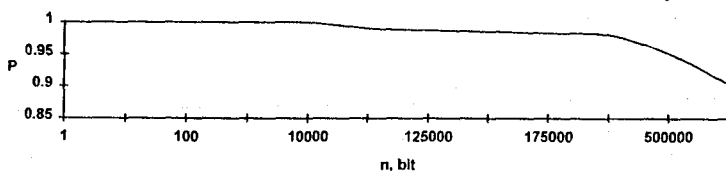
а. Допускания за канала

Съгласно [7] BER на дифузния инфрачервен канал е около 10^{-7} . За EFI се интересуваме от средната му продължителност, а не от прецизно разпределение на грешките, така че приемаме просто поасоново разпределение, ползвайки формулата за EFI, получаваме

п, бита	P
100	0,9999
1000	0,9999
10000	0,9990
100000	0,9900
125000	0,9876
150000	0,9851
175000	0,9827

Приемаме, че не можем да очакваме EFI да са по-дълги от 100000 бита.

$$P(EFI > n)$$



б. Формат на кадъра

Ще определим размера на полето за данни в следния кадър (IEEE 802.3):

Preamble	Start of Frame Delimiter	Destination Address	Source Address	Length	Data	Frame Check Sequence
7	1	6	6	2	D	4
<i>header</i>					<i>data field</i>	<i>trailer</i>

Броят на служебните байтове в кадъра, който разглеждаме е 26. Това е в съответствие с IEEE 802.x стандартите и всички съвременни Ethernet мрежи, но проектанта на конкретен протокол трябва да прецени кой е най-добрият формат за даден проект. В [2] е проектиран специфичен протокол на канално

* Media Access Control - подниво на каналното ниво (бел. авт.)

ниво за инфрачервен дифузен канал, където служебната информация в кадъра е 24 байта

Нека с p_d означим вероятността съобщението да бъде повредено или изгубено, а с p_a вероятността за същата грешка при контролното потвърждаващо съобщение. Вероятността нито съобщението нито неговото потвърждение да са засегнати от грешка се дава с израза, който тривиално следва от горните разсъждения $(1 - p_d)(1 - p_a)$. Следователно вероятността, че едно съобщение трябва да се препредава е:

$$p_r = 1 - (1 - p_d)(1 - p_a).$$

Вероятността, че ще са необходими i последователни предавания за да достигнат данните до получателя, т.е. $i-1$ неуспешни и едно успешно предаване е:

$$p_i = (1 - p_r)p_r^{i-1} \quad [1].$$

Очаквания брой предавания на съобщение R се дава чрез: [1]

$$\begin{aligned} R &= \sum_{i=1}^{\infty} i \cdot p_i = \sum_{i=1}^{\infty} i(1 - p_r)p_r^{i-1} = (1 - p_r) \sum_{i=1}^{\infty} i \cdot p_r^{i-1} = \\ &= (1 - p_r) \sum_{j=0}^{\infty} \sum_{i=j}^{\infty} p_r^i = (1 - p_r) \sum_{j=0}^{\infty} \frac{p_r^j}{1 - p_r} = \frac{1}{1 - p_r} \end{aligned}$$

Следователно, относителната ефективност при наличие на грешки е:

$$E = \frac{d}{R(d + t + a)},$$

където $d=8D$ е дължината на полето за данни в бита (D е същата дължина в байта), t е дължината на служебната информация (header плюс trailer), също в бита, а a е дължината на потвърждаващото контролно съобщение, което приемаме, че няма поле за данни.

Тривиално $t = a = 7 + 1 + 6 + 6 + 2 + 4 = 26$ байта = 208 бита.

По-рано предположихме, че EFl не е по-дълъг от 100 Кбита. Това означава, че за това време могат да се предадът $(100 \cdot 10^3) / (d+t)$ съобщения или $(100 \cdot 10^3) / a$ потвърждения. Като първо приближение можем да приемем

$$\begin{aligned} p_d &= (d + 208) / 100 \cdot 10^3 \\ p_r &= 208 / 100 \cdot 10^3 \end{aligned} \quad [1].$$

Имаме

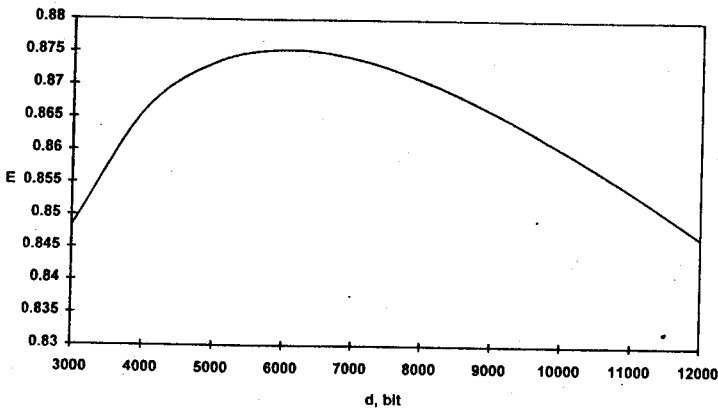
$$R = \frac{1}{1 - p_r} = \frac{1}{(1 - p_d)(1 - p_s)}$$

Получаваме

$$E = \frac{d(1 - p_d)(1 - p_s)}{d + t + a} = \frac{d(1 - (d + 208) 100000)(1 - 208 100000)}{d + 416}$$

На фигурата протоколната ефективност е начертана като функция на дължината на полето за данни d .

$$E = E(d)$$



в. Избор на CRC^{*} -полином

Същата теория може да се ползва и за избор на полином от каква степен е необходим за контрол на грешките. Критерият за оценка е следният [1]:

$$P(\text{burst} \geq n) = \left[n^{(1-a)} - (n-1)^{(1-a)} \right] e^{-\text{BER}(n-1)}$$

Той дава вероятността за получаване на грешкова последователност от n бита (т.е. n последователни грешни бита), от която вероятност зависи и какъв полином се избира. Полином CRC- n открива n последователни грешни бита. В горното равенство има параметър a , който означава следното: при ненулево a , вероятността за по-дълги свободни от грешка интервали намалява повече от вероятността за по-късите такива. Ще пресметнем тази вероятност за $a=0,9$ - най-лошият случай. Най-напред за CRC-12:

* Cyclic redundancy check - Цикличен код с излишък, използван за грешков контрол. (бел. авт.)

$$P(\text{burst} \geq 13) = \left\{ \begin{matrix} 0,1 & 0,1 \\ 13 & -12 \end{matrix} \right\} e^{-110^{-7} \cdot 12} = 0,0103$$

За CRC-16:

$$P(\text{burst} \geq 17) = \left\{ \begin{matrix} 0,1 & 0,1 \\ 17 & -16 \end{matrix} \right\} e^{-110^{-7} \cdot 16} = 0,008$$

За CRC-32 се получава

$$P(\text{burst} \geq 33) = \left\{ \begin{matrix} 0,1 & -0,1 \\ 33 & -32 \end{matrix} \right\} e^{-110^{-7} \cdot 32} = 0,005$$

Резултатът за CRC-32 е най-добър и това е съвсем естествено. Това е и причината да са заделени четири байта за контролен код във всички IEEE802.x формати.

В заключение можем да кажем, че тази теория може да бъде използвана за определяне на формата на съобщенията за произволен протокол. Може да се разглежда и като механизъм за сравнително съпоставяне на ефективността на различни мрежи.

Литература

- [1] G. J. Holtzmann, 'Design and Validation of Computer Protocols', Engelwood, Cliffs, NJ, Prentice-Hall, 1991
- [2] Й. Д. Ламбрев, 'Проектиране на протокол на канално ниво за безжична оптична локална мрежа по инфрачервен дифузен канал', дипломна работа, Технически университет - София, филиал Пловдив, Пловдив, Май 1997
- [3] F. R. Gfeller, U. H. Vapst, 'Wireless In-House Data Communication via Diffuse Infrared Radiation', Proc. IEEE, vol. 67, no. 11, pp. 1474-1486, Nov. 1979
- [4] J. M. Kahn, J. R. Barry, 'Wireless Infrared Communications', Proc. IEEE, vol. 85, no. 2, pp. 265-298, Feb. 1997
- [5] K. C. Chen, 'Medium Access Control of Wireless LANs for Mobile Computing', IEEE Magazine, vol. 8, no. 5, Sep/Oct. 1994
- [6] J. R. Barry, J. M. Kahn, E. A. Lee, D. G. Messerschmitt, 'High-Speed Nondirective Optical Communication for Wireless Networks', IEEE Network Magazine, Nov. 1991
- [7] Т. А. Емануилов, 'Определяне параметрите на дифузен инфрачервен канал', дипломна работа, Технически университет - София, филиал Пловдив, Пловдив, Май 1997