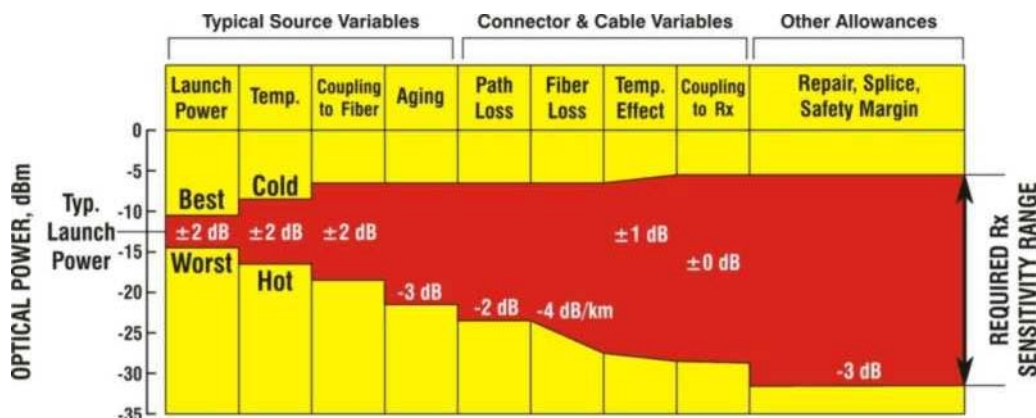


4. Bilans strat łącza światłowodowego¹

Logiczna droga projektowania łącza światłowodowego przewiduje analizowanie bilansu mocy optycznej linii, zwanego również *bilansem strat łącza światłowodowego*. Rysunek 4.1 ilustruje kluczowe wymagania obliczeń optycznych do projektowania łącza światłowodowych. Łącze rzeczywiste musi tolerować pewien zakres strat optycznych. Idealnie, ale nie zawsze, powinno ono pracować „ściśle” (tzn. z najkrótszym możliwym światłowodem). I oczywiście, powinno ono pracować ze światłowodem o nieco większej długości. Projektant może często dostosować niektóre lub wszystkie zmienne, by utworzyć produkt, który zaspokaja potrzebę danego zastosowania.



Rysunek 1. Budżet strat łącza światłowodowego

Rysunek pokazuje hipotetyczne łącze z jego odpowiednim budżetem optycznym. Zaczniemy od mocy wyjściowej nadajnika od lewej strony wykresu. Typowa moc wyjściowa to -12,5 dBm. Jednakże, wyjściowa moc nadajnika LED może różnić się o ± 2 dBm z powodu różnic w wykonaniu samej LED. Dlatego, moc wyjściowa może osiągnąć najlepszą wartość -10,5 dBm, lub też najgorszą, jak -14,5 dBm. Wstęga wykresu jest zaciemniona między tymi dwoma wartościami.

Dalsze odchyłki nadajników o ± 2 dB spowodowane są wpływem temperatury na urządzenia elektroniczne oraz elektrooptyczne (np. dioda LED lub laser). Innymi potencjalnymi stratami o ± 2 dB są różnice w jakości połączeń optycznych z wyjściem nadajnika. Przy projektowaniu systemu powinny być uwzględnione skutki starzenia - typowo 1-3 dB. Kolejny czynnik powodujący straty występuje dzięki złączkom optycznym, które mogą wystąpić w ścieżce optycznej. Wykres pozwala na tolerancje 2 dB dla tego czynnika.

¹ Tłumaczenie: Strukiel Daniel, Ruciński Jarosław, Łobodziec Jacek, Wilk Adrian.
Źródło: <http://www.loss-budget.htm>

Dla tego systemu straty (tłumienie) samego światłowodu wynoszą do 4 dB/km. Pomnóżmy tę wartość przez wartość rzeczywistej długości światłowodu, żeby wyznaczyć straty całego światłowodu. Uwzględniamy zjawiska temperaturowe skojarzone z większością światłowodów zwykle za pomocą ± 1 dB.

Kolejny czynnik, zmieniający straty przy odbiorniku, wymaga detektorów z aperturą numeryczną dopasowaną do włókna w celu wyeliminowania skutków. Ostatecznie, margines bezpieczeństwa w 3 dB powinien być wniesiony we wszystkie systemy. W każdym kroku, jakkolwiek zmiana powoduje zwiększanie zaciemnionej wstęgi. Po prawej stronie wykresu odbiornik musi uporać się z optycznym wejściem tak wysokim jak -5,5 dBm i tak niskim jak -31,5 dBm. Albo inaczej, odbiornik potrzebowałby zakresu strat optycznych lub optycznego zasięgu dynamicznego 26 dB.

Omówienie decybeli jest konieczne żeby zrozumieć bilans strat połączenia. Decybel (dB) jest wygodnym oznaczeniem w porównaniu dwóch mocy. Jest to zawsze stosunek dwóch liczb. Dla światłowodów optycznych, ten stosunek to zwykle wyjściowa moc nadajnika porównana do wejściowej mocy w odbiorniku. Równanie do obliczeń decybeli to:

$$[dB] = 10 \log_{10} \left(\frac{Power_1}{Power_2} \right)$$

Decybel opisuje mechanizm wszystkich strat w optycznej ścieżce połączenia. Na przykład, dane łącze video o modulacji amplitudy, może tolerować maksymalnie 9 dB straty optyczne. Jak dużo światła w rzeczywistości otrzymuje odbiornik? Tabela 1 przedstawia przekształcenie wartości decybelowych w wartości mocy. Zgodnie z tabelą, moc optyczna osiągnięta przez odbiornik wynosi 12%, więc 88% światła emitowanego przez nadajnik musi być stracone gdzieś po drodze. Jeśli łącze może dopuszczać 20 dB strat optycznych, to tylko 1% z optycznej mocy wyjściowej nadajnika osiągnie odbiornik. Żeby określić ilość światła dostarczaną do odbiornika, biorą jakiegokolwiek dwie wartości, z których składają się straty optyczne w decybelach. Na przykład, 15 dB jest sumą 10 dB i 5 dB. Odpowiedni procent mocy wyjściowej dla 15 dB to 3,2%, zgodnie z tabelą. Wartość ta może być również otrzymana poprzez pomnożenie odpowiednich wartości procentowych dla dwóch odczytywanych wartości w decybelach, 10 dB i 5 dB, żeby otrzymać zamierzony wynik, np. $10\% \times 32\%$ to 3,2%. Tak, więc, 3,2% rzeczywiście jest odbierane przez odbiornik.

TABELA 4.1. Przelicznik dB na moc.

[dB]	Wyjście mocy jako procent mocy wejściowej	Procent mocy utraconej	Komentarz
1	79%	21%	---
2	63%	37%	---
3	50%	50%	1/2 mocy
4	40%	60%	---
5	32%	68%	---
6	25%	75%	1/4 mocy
7	20%	80%	1/5 mocy
8	16%	84%	1/6 mocy
9	12%	88%	1/8 mocy
10	10%	90%	1/10 mocy
11	8%	92%	1/12 mocy
12	6.3%	93.7%	1/16 mocy
13	5%	95%	1/20 mocy
14	4%	96%	1/25 mocy
15	3.2%	96.8%	1/30 mocy
16	2.5%	97.5%	1/40 mocy
17	2%	98%	1/50 mocy
18	1.6%	98.4%	1/60 mocy
19	1.3%	98.7%	1/80 mocy
20	1%	99%	1/100 mocy
25	0.3%	99.7%	1/300 mocy
30	0.1%	99.9%	1/1000 mocy
40	0.01%	99.99%	1/10,000 mocy
50	0.001%	99.999%	1/100,000 mocy

Podczas kupna światłowodów optycznych, niektórym klientom, często omyłkowo, wydaje się, że muszą szczególnie skonkretyzować system, żeby włączyć moc optyczną nadajnika, czułość odbiornika oraz bilans strat optycznych. W większości przypadków, klienci mają jedynie sprecyzować bilans strat optycznych. Rozwiązanie, które wymaga 10 dB maksymalnej wartości strat optycznych łącza będzie działało tak samo przy użyciu nadajników z 0 dBm na wyjściu i odbiornikiem o czułości -10 dBm jak i system z nadajnikiem z wyjściem -10 dBm i odbiornikiem z czułością -20 dBm. Przez określenie tylko wymaganej maksymalnej straty optycznej, może być w pełni wykorzystana najbardziej ekonomiczna para nadajnik/odbiornik. Wyjściowa moc optyczna nadajnika oraz czułość optyczna odbiornika muszą zostać określone jedynie wówczas, gdy nadajnik i odbiornik są kupowane oddzielnie. W tym przypadku, maksymalna wartość strat optycznych nie musi być określona.