

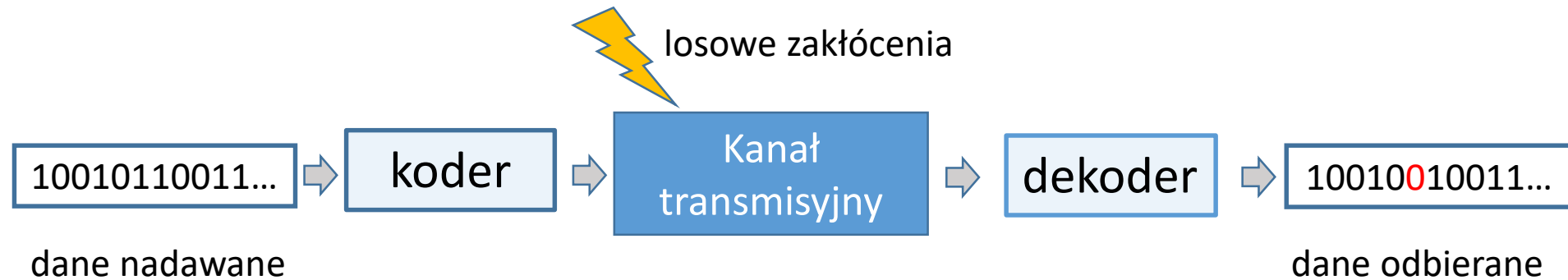
W11 – Kody nadmiarowe, zastosowania w transmisji danych - dodatek

Uwagi dot. projektu

Plan wykładu

1. Symulacyjne badanie systemu transmisji cyfrowej
2. Modele binarnego kanału transmisji danych
3. Protokoły ARQ

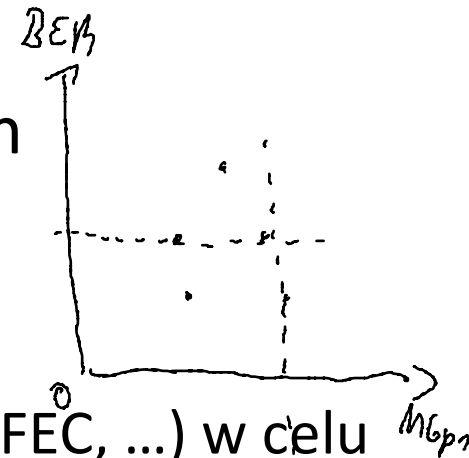
Symulacyjne badanie systemu transmisji



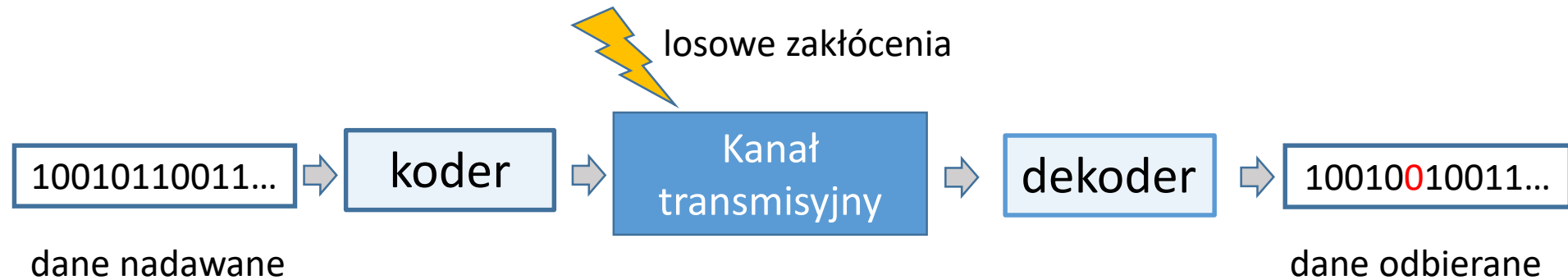
- Zakładamy model kanału transmisji danych

- Problem:

- Jak dobrać kod nadmiarowy / protokół (ARQ, FEC, ...) w celu uzyskania wymaganego BER
- Jaki jest koszt wymagany dla poprawy BER (nadmiar przesyłanych danych)



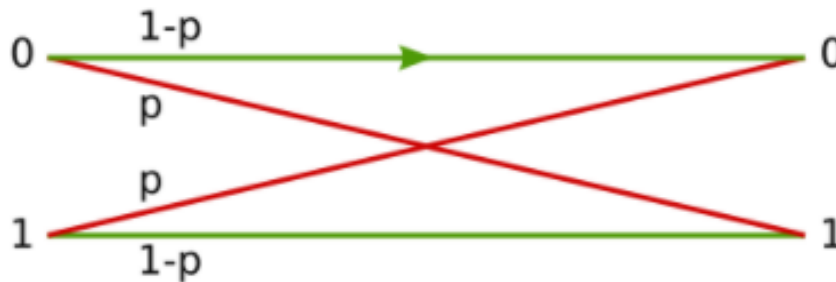
Symulacyjne badanie systemu transmisji



- Modele binarnego kanału transmisji danych
 - BSC – Binary symmetric channel
 - Model Gilberta
 - BEC – Binary erasure channel

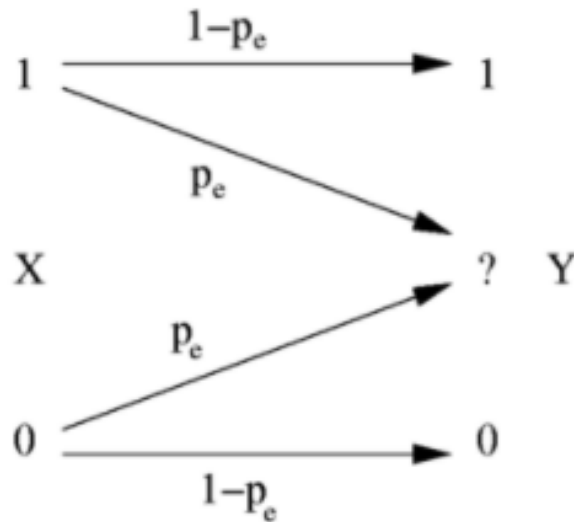
BSC – Binary symmetric channel

- Nadajnik wysyła bit
- Odbiornik:
 - odbiera nadany bit – z prawdopodobieństwem $1-p$
 - odbiera bit przeciwny – z prawdopodobieństwem p (zakładamy *małą* wartość p)



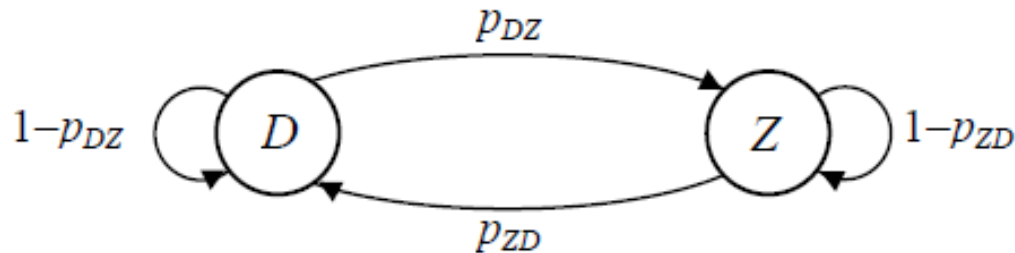
BEC – Binary erasure channel

- Nadajnik wysyła bit
- Odbiornik:
 - odbiera nadany bit – z prawdopodobieństwem $1-p$
 - odbiera sygnał, że bit nie dotarł – z prawdopodobieństwem p (zakładamy *małą* wartość p)



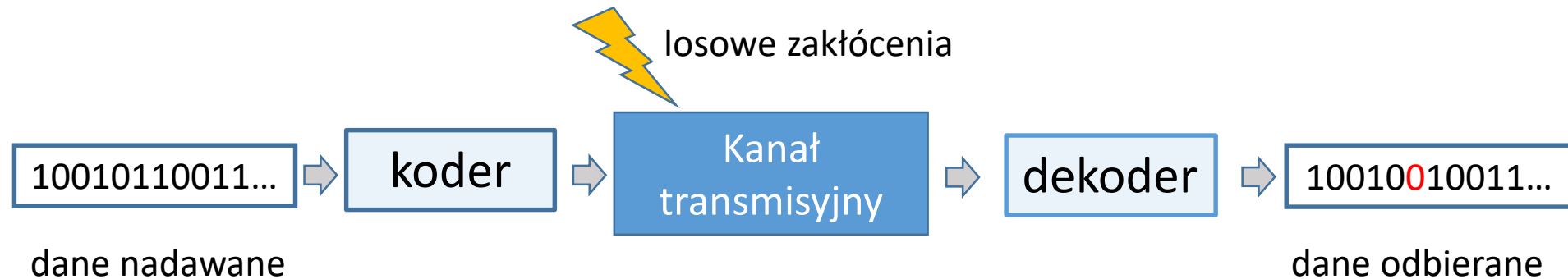
Model Gilberta

- Model dwustanowy



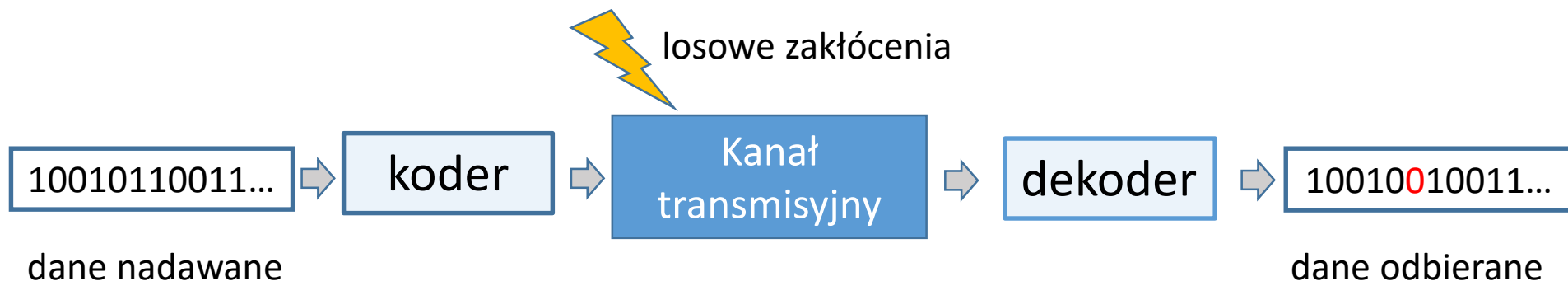
- W stanie D – generowane błędy pojedyncze z małym prawdopodobieństwem p_D
- W stanie Z – występują błędy niezależne z prawdopodobieństwem $p_Z \gg p_D$
- Prawdopodobieństwa przejść pomiędzy stanami: p_{DZ} i p_{ZD} .

Zastosowania kodów nadmiarowych



- **FEC** – Forward Error Correction
 - dekodek wykorzystuje informację nadmiarową do skorygowania błędów
 - kod korekcyjny np. potrójanie bitów (0 – 000, 1 – 111)
 - dekodek stosuje algorytm głosujący
- Systemy hybrydowe – ARQ z FEC w celu zmniejszenia liczby retransmisji

Zastosowania kodów nadmiarowych



- **ARQ – Automatic Repeat Request**

- koder dodaje informację nadmiarową do bloku danych
- dekodek sprawdza czy pakiet został przesłany poprawnie, jeśli nie – wysyłane jest żądanie ponownej transmisji bloku (kanał zwrotny → różne protokoły ARQ)
- kod detekcyjny np. bit parzystości dodawany do bloku o długości n
- w systemach ARQ wykorzystywane są kody CRC

Protokoły CRC w systemach ARQ -- zalety:

- Operacje kodowania i dekodowania zajmują tyle samo czasu (są to te same operacje), realizowane przez prosty koder/dekoder
- Dla bloków o różnej długości – ten sam koder

Możliwości detekcyjne CRC-m

Jeśli błędny blok otrzymany przez dekodery jest wektorem kodowym – błąd niewykrywalny

- Dla kodu CRC-m zastosowanego dla bloków długości n , dla BER w kanale = p , prawdopodobieństwo takiego błędu wynosi:

$$n \cdot p \cdot 2^{-m}$$

$$\text{np. dla } n=500, p=10^{-4}, m=8 \quad pr = 2 \cdot 10^{-4}$$

$$n=500, p=10^{-4}, m=16 \quad pr = 7.6 \cdot 10^{-7}$$

Systemy ARQ

- Stop-and-Wait (SAW)
- Bo-back-N (GBN)
- Selective Repeat (SR)

Stop-and-Wait (SAW)

- Nadajnik nadaje blok i oczekuje na odpowiedź
- Po odebraniu:
 - ACK – wysyła następny blok
 - NACK – ponownie wysyła blok
- Brak konieczności buforowania danych i numerowania bloków
- Wada: niska szybkość efektywna (czasy oczekiwania na potwierdzenia)

Go-back-N (GBN)

- Nadajnik nadaje bloki bez oczekiwania na potwierdzenie
- Odbiornik po odebraniu błędnego bloku wysyła NACK i nr błędnego bloku N
- Odbiornik cofa się do bloku N, rozpoczyna transmisję ponownie od bloku N
- Szybszy niż protokół SAW
- Wady: konieczność buforowania danych w nadajniku, przy opóźnieniach na łączy musimy retransmitować wiele bloków

Selective Repeat (SR)

- Nadajnik nadaje bloki bez oczekiwania na potwierdzenie
- Odbiornik po odebraniu błędnego bloku wysyła NACK i nr błędnego bloku N
- Odbiornik buforuje odbierane bloki, czekając na ponowne wysłanie bloku N
- Nadajnik po otrzymaniu NACK i N wysyła ponownie blok nr N
- Stosowany dla kanałów o dużym BER
- Konieczność buforowania danych w nadajniku i odbiorniku,