Sprawozdanie z Listy 3 (Technologie Sieciowe)

Jakub Omieljaniuk (250090)

Komunikacja między urządzeniami jest realizowana dzięki **mediom transmisyjnym**. Wyróżnia się media przewodowe (**kable:** *skrętka, kabel koncentryczny, światłowód*) oraz bezprzewodowe (**fale elektromagnetyczne:** *radiowe, świetlne*). Moc sygnału, bądź też jego brak, jest interpretowany przez urządzenia dzięki protokołom na poziomie **warstwy łącza danych** modelu ISO/OSI lub **warstwy dostępu do sieci** dla modelu TCP/IP.

Rodzaj medium transmisyjnego i użytego protokołu jest determinowany przez **standard IEEE**, w którym dana sieć została stworzona. Najbardziej popularnymi standardami są IEEE 802.3 dla przewodowej sieci Ethernet oraz IEEE 802.11 wykorzystywany przez sieci Wi-Fi.

Aby nasz komputer mógł przesłać wiadomość „HELLO WORLD!" do innego urządzenia, musi przekonwertować ją do postaci binarnej. To pozwoli na wprowadzenie wiadomości do medium transmisyjnego. W największym uproszczeniu **1** będzie oznaczać **sygnał**, a **0** - **brak sygnału**.

Zamieńmy zatem nasz napis na ciąg liczb korzystając z *tablicy ASCII*[1]:

H	E	L	L	O	_	W	O	R	L	D	!
72	69	76	76	79	32	87	79	82	76	68	33

[1]***Tablica ASCII*** *– siedmiobitowy system kodowania znaków. Przyporządkowuje liczbom (z zakresu 0-127) litery alfabetu łacińskiego języka angielskiego, cyfry i inne symbole (np. znaki spacji, nowej linii).*

Następnie zapis liczby w notacji dziesiętnej zamieniamy na notację binarną. Dla uproszczenia nasz komunikat skrócę jedynie do frazy "HELLO'':

72	69	76	76	79
1001000	1000101	1001100	1001100	1001111

Podczas przesyłania danych mogą wystąpić różnego rodzaju zakłócenia, które spowodują losowe przekłamania wartości wysyłanych bitów. W tym celu wykorzystuje się **cykliczny kod nadmiarowy** (CRC – Cyclic Redundancy Check) – algorytm obliczający **kontrolną liczbę** na podstawie wartości bitów naszej wiadomości. Dołączany jest on do naszego strumienia, a następnie ponownie obliczany przez odbiorcę. Jeśli wartość jest inna od tej, którą wysłaliśmy, oznacza to, że nasz sygnał został zakłócony.

W przypadku CRC-32 liczba kontrolna ma 32 bity, a otrzymuje się ją poprzez obliczenie reszty z dzielenia naszego ciągu bitów wiadomości przez 33-bitową liczbę:

100000100110000010001110110111,
która jest reprezentacją* ustalonego dla CRC-32 wielomianu:

$$x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$$

** jeśli a = 1 dla ax^k to wstawiamy 1 na k-tej pozycji lub 0, gdy a=0. W ten sposób otrzymamy 33-bitową liczbę binarną.*

Obliczoną liczbę kontrolną dla naszej wiadomości dołączamy na koniec strumienia:

1001000 1000101 1001100 1001100 1001111 00100011011111000011011011111000

Metoda ta jest bardziej skomplikowana od obliczenia prostej **sumy kontrolnej** (jak np. w numerze PESEL) lub **kontroli parzystości**, ale dzięki temu jest mniejsze prawdopodobieństwo, że wiele jednoczesnych błędów nie zmieni wartości liczby kontrolnej. Każdy z tych sposobów nie ma natomiast zastosowania kryptograficznego – jest możliwa modyfikacja przysłanych bitów w taki sposób, aby algorytm CRC jej nie wykrył, zwracając tę samą sumę kontrolną.

Aby usystematyzować przesyłanie danych nasz strumień bitów poddaje się tzw. **ramkowaniu**. Polega on na podzieleniu naszych danych na ramki, obliczeniu CRC i „opakowaniu" każdej z nich **znacznikami początku** i **końca**.

W sieci Ethernetowej maksymalna wartość danych dla jednej ramki wynosi 1500 bajtów (**12 000 bitów**). W naszym programie znacznikami będzie ośmio-bitowa liczba: **01111110**. Urządzenia w takiej sieci będą ignorowały strumienie, które nie rozpoczną się powyższym ciągiem bitów, a także będą dokładnie rozpoznawać moment, w którym zakończy się przesyłanie danej ramki. Nasza będzie prezentować się następująco:

01111110 1001000 1000101 1001100 1001100 1001111 00100011011111000011011011111000 **01111110**

W celu uniknięcia dwuznaczności ciągu 01111110 w przypadku gdyby taki pojawił się w naszej wiadomości lub liczbie kontrolnej, skorzystamy z zasady **rozpychania bitów**. W każdym miejscu gdzie wystąpi po sobie **kolejno pięć jedynek** jako kolejną cyfrę wstawimy **dodatkowe zero**. Operacje tą należy przeprowadzić przed dodaniem znaczników, tak aby jedyną sekwencją sześciu kolejnych jedynek w ramce były znaczniki początku i końca.

Odbiorca takiej wiadomości będzie miał pewność, gdzie zaczyna i kończy się jedna ramka oraz łatwo zdekoduje wiadomość w niej zawartą usuwając nadmiarowe zera. Zastosujmy zatem rozpychanie bitów dla naszej ramki otrzymując jej ostateczny kształt:

01111110 1001000 1000101 1001100 1001100 1001111 00100011011111**0**0000110110111111**0**000 **01111110**

011111101001000100010110011001001100100111100100011011111000000110110111110000001111110

Cały powyższy proces przygotowywania danych do wysyłania zaimplementowałem w języku **Python**:

```python
import zlib
import argparse

START_SIGN = "01111110"
END_SIGN = "01111110"
FRAME_SIZE = 12000  # bits


def calculate_crc32(binary_number):
    return "{0:b}".format(zlib.crc32(binary_number[:FRAME_SIZE].encode())).zfill(32)


def encode_data(data):
    frame = ""
    while len(data) > 0:
        crc32 = calculate_crc32(data)
        data_crc = data[:FRAME_SIZE] + crc32
        data_crc = data_crc.replace('11111', '111110')
        frame += START_SIGN + data_crc + END_SIGN
        data = data[FRAME_SIZE:]
    return frame
```

1. Python: Ramkowanie strumienia bitów

W przypadku odkodowywania ramek musimy zadbać o odpowiednie wyłuskanie danych z ramki i sprawdzenie ich zgodności z przekazaną liczbą kontrolną CRC:

```python
def decode_frames(frames):
    data = ""
    while len(frames) > 0:
        if frames[:len(START_SIGN)] != START_SIGN:
            print("Decoding error - wrong START_SIGN!")
            return None

        frames = frames[8:]
        try:
            end_index = frames.index(END_SIGN)
        except ValueError:
            print("Decoding error - wrong END_SIGN!")
            return None
        data_crc = frames[:end_index]
        data_crc = data_crc.replace('111110', '11111')
        frame_data = data_crc[:-32]
        crc = data_crc[-32:]
        if calculate_crc32(frame_data) == crc:
            data += frame_data
        else:
            print("Decoding error - wrong CRC number!")
            return None
        frames = frames[end_index + len(END_SIGN):]

    return data
```

2. Python: odkodowywanie ramek

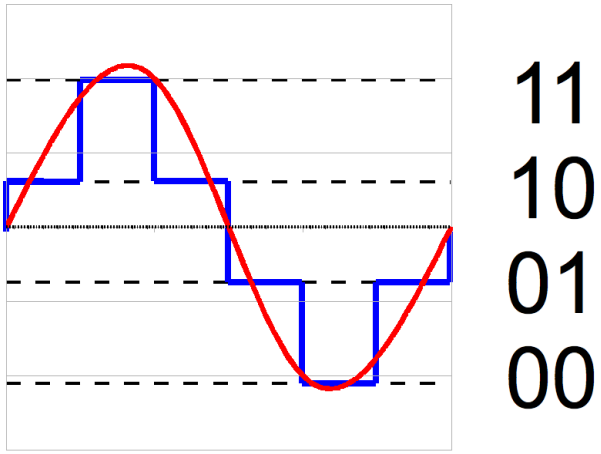
Dotychczasowy opracowany protokół komunikacji będzie się sprawdzał, gdy z medium transmisyjnego korzysta maksymalnie jedno urządzenie jednocześnie. W przypadku gdy z medium będą chciały skorzystać dwa urządzenia w tym samym czasie, ich sygnały będą się wzajemnie zagłuszały - wystąpi **kolizja**. Aby do takich kolizji dochodziło jak najrzadziej, każda sieć musi posiadać ustaloną **metodę dostępu do medium transmisyjnego**. Będzie to specjalny protokół narzucający na uczestników sieci warunki, wedle których mogą rozpocząć swoją transmisje.

Protokół CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) jest takim protokołem, wykorzystywanym w sieciach korzystających z połączenia *half-duplex*[2].

[2]***half-duplex*** *(ang. duplex – dwustronny) - określenie połączenia, w którym możliwe jest jedynie naprzemienne wysyłanie i odbieranie informacji. Alternatywą są połączenia (full) duplex, gdzie informacje są przesyłane w obu kierunkach jednocześnie. Współczesne sieci korzystają z full duplexu, gdzie protokół CSMA/CD jest zbędny.*

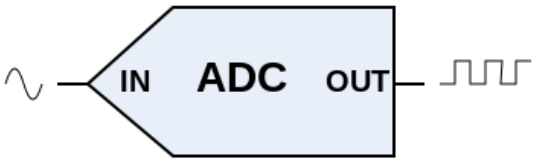
Aby zrozumieć działanie protokołu CSMA/CD, wprowadzę małą dygresję pokrótce wyjaśniającą, jak komputer przetwarza napięcie prądu elektrycznego w kablu na ciąg zer i jedynek, czyli o tym jak działa **przetwornik analogowo-cyfrowy** (ADC – Analog to Digital Converter).

Przetwornik jest specjalnym układem sterującym, który odbiera prąd elektryczny w postaci **sygnału analogowego**, czyli takiego, który może przyjmować dowolne wartości z założonego zakresu, i upraszcza go (odwzorowuje) do **sygnału cyfrowego**, czyli takiego, który może przyjmować tylko określone wartości.



3. Przybliżone odwzorowanie sygnału analogowego na cyfrowy

Na obrazku 3. mamy przykład, w którym płynnie zmieniające się wartości napięcia prądu z kabla są przetwarzane na zmieniające się skokowo cztery wartości: 0, 1, 2, 3 w zapisie binarnym. Jest to zatem rozbudowana forma interpretacji, o której pisałem na początku, gdzie 1 oznaczała sygnał a 0 jej brak.



4. Symboliczne przedstawienie przetwornika AD

Przetwarzanie składa się z 3 etapów: **próbkowania**, czyli dokonania pomiaru wartości napięcia sygnału w danej chwili (przedział czasowy pomiędzy próbowaniami jest ustalony), **kwantyzacji** – przypisania jednej z ustalonych wcześniej wartości dziedziny sygnału cyfrowego do pobranej wartości napięcia (np. każdej wartości z zakresu 3-5V przypisz 10_2) i **kodowania**, gdzie nasz otrzymany ciąg zer i jedynek jest poddawany np. algorytmowi sprawdzania poprawności danych i przekształcany do formy zrozumiałej dla człowieka (proces odwrotny od opisywanego na początku sprawozdania).

Uzbrojeni w tę wiedzę możemy przejść do omówienia założeń algorytmu **CSMA/CD**:

1. **Każde urządzenie** podłączone do danej sieci w sposób ciągły **interpretuje sygnały** odbierane przez jego przetwornik analogowo-cyfrowy:

   a) jeśli odbierane sygnały są przekształcane na najniższą ustaloną wartość (uogólniając: z kabla nie dociera żaden sygnał) interpretuje się to jako **wolne łącze** – żadne z urządzeń prawdopodobnie nie wysyła aktualnie wiadomości. W takiej sytuacji urządzenie może rozpocząć nadawanie swojej wiadomości.

   b) jeśli z kabla będą docierały sygnały przekształcane na ciąg zer i jedynek oznacza to **zajętość łącza** – inne urządzenie korzysta aktualnie z medium do przesłania swojej wiadomości. W takiej sytuacji pozostali uczestnicy sieci nie mogą rozpocząć swojej transmisji.

   c) jeśli z kabla będą docierały sygnały przetwarzane na największą założoną wartość oznacza to, że w medium transmisyjnym doszło do **kolizji**. Jest to tzw. **sygnał JAM** wysyłany przez urządzenie, które wykryło kolizję w sieci. W momencie odebrania takiego sygnału, urządzenia uznają odebrane tuż przed kolizją dane za przekłamane i oczekują na je ponowne wysłanie przez urządzenia, które weszły w kolizję.

   d) jeśli **podczas wysyłania własnej wiadomości** urządzenie wykryje, że odczytuje w tym samym czasie **inne wartości sygnału niż sam generuje**, oznacza to, że w sieci doszło do nałożenia się jego sygnału z innym. W takim przypadku przerywa swoją transmisje i wysyła sygnał JAM, aby zasygnalizować innym urządzeniom, że doszło do kolizji i dane są nieważne. Następnie czeka losową ilość czasu i wysyła te dane ponownie, gdy łącze będzie wolne.

2. W momencie, gdy odbieranie sygnałów przez dane urządzenie się skończy i łącze staje się wolne, wprowadza się dodatkowo **strefę buforową**. Jest to ustalony czas, które urządzenia muszą odczekać po każdym zwolnieniu się łącza, aby móc nadawać swój sygnał.

3. Każde urządzenie samo wylicza zakres z jakiego jest losowany **czas oczekiwania** po kolizji, korzystając z ustalonego algorytmu. Zakres ten uzależnia się od **liczby wykonanych prób** wysłania pakietu - im więcej prób, tym dłuższy czas oczekiwania dla danego urządzenia. Taki sposób wyłaniania kolejności korzystania z medium jest konieczny, ze względu na brak nadrzędnego urządzenia, który mógłby wyznaczać kolejność dostępu pozostałym urządzeniom.

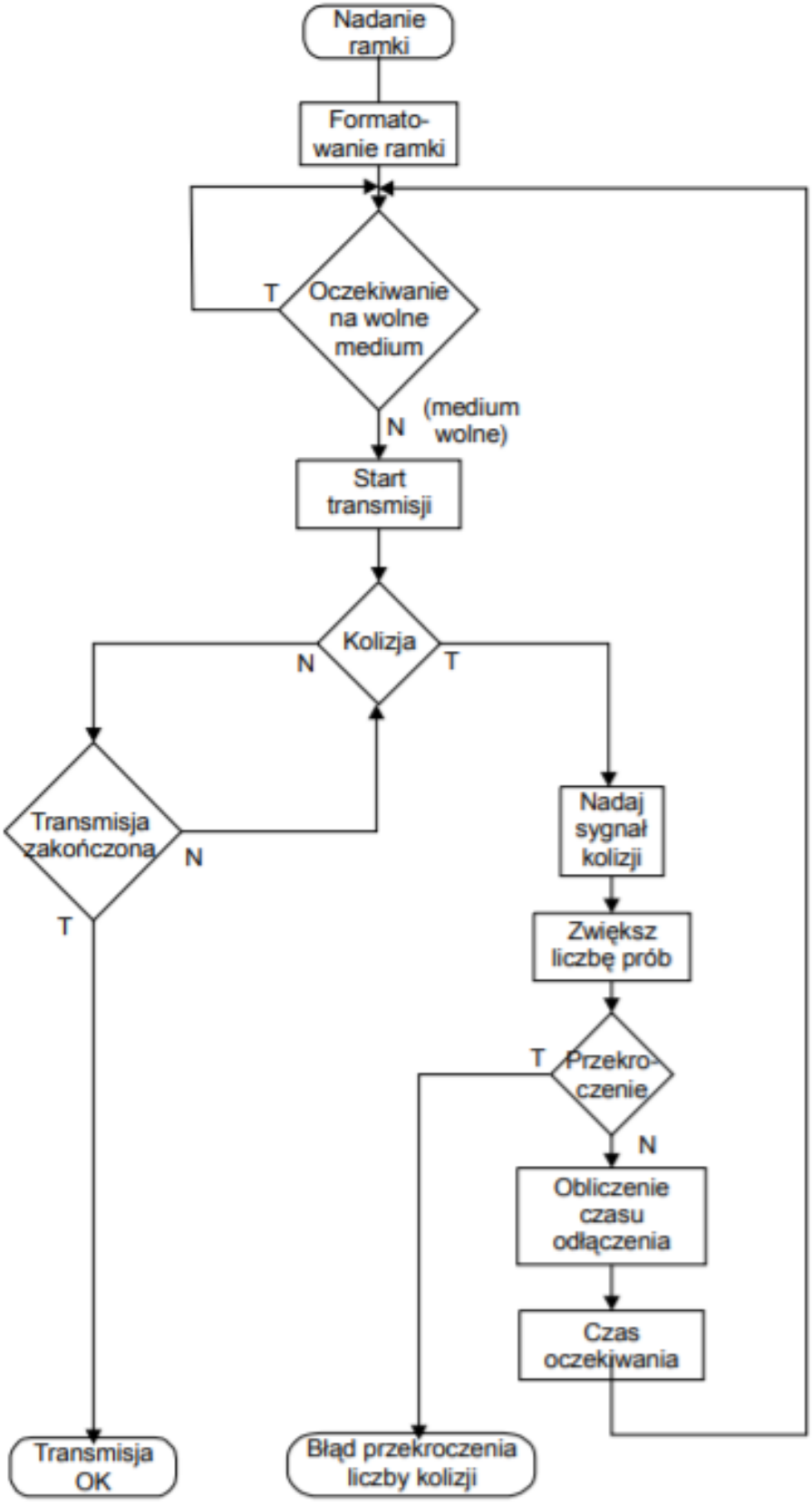
4. Przy **szesnastu kolejnych nieudanych próbach** wysłania pakietu (16 razy dojdzie do kolizji), urządzenie komunikuje informuje o niepowodzeniu program, który chciał wysłać wiadomość. Jeśli transmisja zakończy się sukcesem przed 16 próbą, licznik jest zerowany.

5. Urządzenie może dowiedzieć się o kolizji swojej ramki **jedynie podczas jej transmisji** (zanim skończy się jej wysyłanie). Urządzenie musi zatem mieć pewność, że przed zakończeniem wysyłania ramki, żadne z urządzeń nie rozpoczęło własnej transmisji nim nasz sygnał do niego dotarł.

   Rozważmy następujący skrajny przypadek: mamy dwa urządzenia w sieci na dwóch końcach medium transmisyjnego. Węzeł sieci, znajdujący się na początku medium, rozpoczyna transmisje. Następnie, węzeł znajdujący się na końcu łącza, rozpoczyna swoją, tuż przed dotarciem sygnału pierwszego węzła - skoro nie dotarł do niego jeszcze żaden sygnał to uznaje, że łącze jest wolne.

   Aby pierwszy węzeł wykrył kolizję, do której w tym wypadku dojdzie, zakończenie wysyłania jego pakietu musi być co najmniej w tym samym momencie, co dotarcie do niego sygnału drugiego węzła. Z tego wynika, że **minimalna długość ramki** musi być **dwukrotnością medium transmisyjnego**.

Proces decyzyjny urządzeń w sieci i podejmowane przez nie działania zgodne z **protokołem CSMA/CD** przedstawia poniższy schemat:



5. Schemat protokołu CSMA/CD

Implementację symulacji sieci zgodnej z protokołem CSMA/CD w **Pythonie** rozpocząłem od stworzenia klasy Device reprezentującej urządzenia w sieci:

zad2_device.py

```python
import random

class Device:
    def __init__(self, position_index, broadcast_probability):
        self.position_index = position_index
        self.broadcast_probability = broadcast_probability
        self.attempts_counter = 0
        self.data_to_send = 0
        self.timeout = 0
        self.data_signal = None
        self.jam_signal = None

    def set_timeout(self):
        self.timeout = random.randint(0, 2**self.attempts_counter+1)
```

6. Python: implementacja urządzenia w sieci

Każde urządzenie posiada swój **indeks** odpowiadający miejscu, w którym jest podłączony do medium transmisyjnego, prawdopodobieństwo chęci wysłania pakietu (w skali (0, 1)), **licznik nieudanych prób** wysłania pakietu, **liczba danych** przygotowanych do wysłania (w symulacji dla uproszczenia wysyłam zawsze minimalną dopuszczalną wielkość ramki), **licznik z czasem oczekiwania**, a także klasy reprezentujące **sygnały**, gdy urządzenie wysyła pakiet i gdy rozgłasza sygnał JAM.

Medium transmisyjne jest reprezentowane przez tablicę o zadanej długości. Każdy element tablicy to jedna jednostka, dla której można zmierzyć napięcie prądu elektrycznego. Wartość **0** będzie oznaczała **brak napięcia**, **1** - zakres napięć wykorzystywanych do **przesyłania danych**, **2** – nałożenie się napięć dwóch sygnałów, czyli **kolizja** oraz **3** – napięcie generowane przez **sygnał JAM**.

```
C:\Users\TechSieciowe\Lista3>python zad2.py
Dev     <1, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 0>
1.      [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]
2.      [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]
3.      [0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0]
4.      [0, 0, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0]
5.      [0, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0]
6.      [1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0]
7.      [1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0]
8.      [1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0]
9.      [1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1]
10.     [1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1]
11.     [1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1]
12.     [1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1]
13.     [1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1]
14.     [1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1]
15.     [1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1]
16.     [1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1]
17.     [1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1]
18.     [1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1]
19.     [1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1]
20.     [1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1]
21.     [1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1]
22.     [1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1]
23.     [1, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1]
24.     [1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1]
25.     [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1]
26.     [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1]
27.     [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1]
28.     [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]
Sukces!, 29.    [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]
30.     [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]
```

7. Pomyślne wysłanie pakietu

```
C:\Users\TechSieciowe\Lista3>python zad2.py
Dev     <1, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 0>
1.      [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]
2.      [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]
3.      [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]
4.      [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]
5.      [1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0]
6.      [1, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 0]
7.      [1, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1]
8.      [1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1]
9.      [1, 1, 1, 2, 2, 1, 1, 1, 1, 1]
10.     [1, 1, 2, 2, 2, 2, 1, 1, 1, 1]
11.     [1, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 1, 1, 1]
JAM, JAM, 12.   [2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 1, 1]
13.     [3, 1, 2, 2, 2, 2, 1, 3, 1, 1]
14.     [3, 3, 1, 2, 2, 1, 3, 3, 3, 1]
15.     [3, 3, 3, 1, 1, 3, 3, 3, 3, 3]
16.     [3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3]
17.     [3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3]
18.     [3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3]
19.     [3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3]
20.     [3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3]
21.     [3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3]
22.     [3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3]
23.     [3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3]
24.     [3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3]
25.     [3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3]
26.     [3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3]
27.     [3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3]
28.     [3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3]
29.     [3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3]
30.     [3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3]
```

8. Kolizja i wysłanie sygnału JAM

Kod realizujący algorytm ze schematu umieszczonego na zdjęciu 5.:

```python
def make_iteration():
    for device in DEVICES:
        if device.data_signal:
            device.data_signal.make_iteration(transmission_medium)
            if device.data_signal.right_end_position == TRANS_MEDIUM_LENGTH and device.data_signal.left_end_position == -1:
                if not device.data_signal.cancelled:
                    print("Sukces!", end=', ')
                    device.attempts_counter = 0
                device.data_signal = None
                device.timeout = WAITING_BUFFER

        if device.jam_signal:
            device.jam_signal.make_iteration(transmission_medium)
            if device.jam_signal.right_end_position == TRANS_MEDIUM_LENGTH and device.jam_signal.left_end_position == -1:
                device.jam_signal = None

```

7. Python, symulacja sieci cz.1

Powyższy kod dokonuje iteracji dla każdego z sygnałów (wartość sygnału rozprzestrzenia się wtedy w tablicy o jedno pole w lewo i prawo), a także sprawdza czy nie zostały one pomyślnie zakończone.

Poniższa część programu sprawdza dla każdego urządzenia czy nie doszło do kolizji (jeśli w aktualnej iteracji transmituje dane), sprawdza czy dane urządzenie ma pakiet do wysłania – jeśli tak to czy może go rozpocząć wysyłać w danej iteracji.

```python
    for device in DEVICES:
        if device.data_signal and transmission_medium[device.position_index] == 2:
            device.data_signal.left_end_position = device.position_index
            device.data_signal.right_end_position = device.position_index
            device.data_signal.cancelled = True
            device.data_to_send = MINIMAL_FRAME_LENGTH #restart sending frame
            device.jam_signal = Signal("JAM", device.position_index)
            print("JAM", end=', ')
            device.set_timeout()
            device.attempts_counter += 1
            if device.attempts_counter == 16:
                device.data_to_send = 0
        elif not device.data_signal and not device.jam_signal:
            if device.timeout > 0 and transmission_medium[device.position_index] == 0:
                device.timeout -= 1
            else:
                if device.data_to_send == 0 and random.random() < device.broadcast_probability:
                    device.data_to_send = MINIMAL_FRAME_LENGTH
                if device.data_to_send != 0:
                    if transmission_medium[device.position_index] == 0:
                        device.data_signal = Signal("DATA", device.position_index)
                    elif transmission_medium[device.position_index] != 0:
                        device.timeout = WAITING_BUFFER

```

8. Python, symulacja sieci cz.2

Klasa Signal przechowuje **wartość napięcia prądu** zgodnie z założeniami, która wypisałem wcześniej, **id urządzenia** (miejsce, w którym jest podpięte do kabla), z którego został wysłany. Aby zasymulować rozchodzenie się sygnału korzystam z **4 pomocniczych wskaźników**: aktualne miejsce początku i końca sygnału, który rozchodzi się w lewą i prawą stronę kabla. Ostatnim polem klasy jest **flaga** informująca o tym, czy wykryto **kolizję** podczas wysyłania danego sygnału.

Kod znajduje się na następnej stronie.

zad2_signal.py

```python
from zad2_csma_dc_protocol import TRANS_MEDIUM_LENGTH, MINIMAL_FRAME_LENGTH

class Signal:
    def __init__(self, type, sender_id):
        self.value = 1 if type == "DATA" else 3 #value 3 for JAM
        self.sender_id = sender_id
        self.right_front_position = -1
        self.left_front_position = -1
        self.right_end_position = -1 * MINIMAL_FRAME_LENGTH + 1
        self.left_end_position = -1 * MINIMAL_FRAME_LENGTH
        self.cancelled = False

```

9. Python: pola klasy Signal

Zapis symulacji iteracji rozchodzenia się sygnałów jest rozbudowany, ale prosty. Na początku sprawdzam czy wywołana iteracja nie jest pierwszą. Jeśli tak, to znacznikom początku sygnału przypisuje miejsce, w którym podpięte jest dane urządzenie i przypisuję wartość sygnału do tablicy w tym miejscu:

zad2_signal.py

```python
    def make_iteration(self, transmission_medium):
        if self.right_front_position == -1:
            self.left_front_position = self.sender_id
            self.right_front_position = self.sender_id
            transmission_medium[self.sender_id] = self.value
```

10. Python: rozpoczęcie wysyłania sygnału

Co ważne, wskaźniki końca sygnału podczas inicjowania obiektu zostały ustawione na wartość ujemną będącą wartością jednej ramki *(rys. 9)*. Można wyobrazić sobie, że dane te są ustawione i przygotowane, aby wejść do medium transmisyjnego, znajdując się gdzieś w urządzeniu, poza medium transmisyjnym. Dzięki inkrementowaniu tych wartości w kolejnych iteracjach, kolejne dane są „wypychane” z urządzenia do kabla. Taki sposób zapewnia nam właściwą długość generowania jednego sygnału. Tak jak omawiałem to wcześniej, minimalna wartość ramki wynosi dwukrotność długości medium transmisyjnego:

zad2_csma_dc_protocol.py

```python
TRANS_MEDIUM_LENGTH = 10
MINIMAL_FRAME_LENGTH = 2 * TRANS_MEDIUM_LENGTH
WAITING_BUFFER = 5
```

11. Python: parametry funkcjonowania sieci

Wracając do algorytmu rozchodzenia się sygnału, w następnych iteracjach konsekwentnie przesuwamy znaczniki końca i początku sygnału. W kolejnych zdobywanych komórkach tablicy dodajemy wartość naszego sygnału (jeśli nie jest to sygnał JAM – wtedy wartość komórki tablicy jest ustawiana na najwyższą, czyli 3, niezależnie jaka wartość była tam wcześniej). Natomiast dzięki znacznikom końca sygnału możemy odejmować wartość naszego sygnału, w kolejnych miejscach gdzie będzie zamykał nasz sygnał. Dodatkowo w naszym kodzie musimy zadbać o to, aby nasze wskaźniki nie wyszły poza zakres tablicy, a także by nie odejmować podwójnie wartości sygnału JAM, gdy był on wysłany przez więcej urządzeń.

Kod umieściłem na następnej stronie.

```
        else:
            self.left_front_position -= 1 if self.left_front_position >= 0 else 0
            self.right_front_position += 1 if self.right_front_position < TRANS_MEDIUM_LENGTH else 0
            if self.left_front_position >= 0:
                transmission_medium[self.left_front_position] += self.value if transmission_medium[self.left_front_position] != 3 else 0
                if self.value == 3: transmission_medium[self.left_front_position] = 3
            if self.right_front_position < TRANS_MEDIUM_LENGTH:
                transmission_medium[self.right_front_position] += self.value if transmission_medium[self.right_front_position] != 3 else 0
                if self.value == 3: transmission_medium[self.right_front_position] = 3

            if self.right_end_position < -1:
                self.right_end_position += 1
            elif self.right_end_position == -1:
                self.left_end_position = self.sender_id
                self.right_end_position = self.sender_id
                if transmission_medium[self.sender_id] != 0:
                    if self.value == 3:
                        transmission_medium[self.sender_id] = 0
                    else:
                        transmission_medium[self.sender_id] -= self.value
            else:
                self.left_end_position -= 1 if self.left_end_position >= 0 else 0
                self.right_end_position += 1 if self.right_end_position < TRANS_MEDIUM_LENGTH else 0
                if self.left_end_position >= 0 and transmission_medium[self.left_end_position] !=0:
                    if self.value == 3:
                        transmission_medium[self.left_end_position] = 0
                    elif transmission_medium[self.left_end_position] != 3:
                        transmission_medium[self.left_end_position] -= self.value
                if self.right_end_position < TRANS_MEDIUM_LENGTH and transmission_medium[self.right_end_position] !=0:
                    if self.value == 3:
                        transmission_medium[self.right_end_position] = 0
                    elif transmission_medium[self.right_end_position] != 3:
                        transmission_medium[self.right_end_position] -= self.value
```

12. Python: symulacja rozchodzenia się sygnału

Naszą sieć możemy formować za pomocą parametrów `TRANS_MEDIUM_LENGTH` (długość medium transmisyjnego, tj. kabla), `DEVICES` (lista urządzeń, które biorą udział w komunikacji wraz z podaniem ich miejsca podpięcia i prawdopodobieństwa chęci wysłania pakietów), `WAITING_BUFFER` (czas oczekiwania pomiędzy wysyłanymi pakietami), a także wybrać liczbę iteracji (jednostek czasu), w której przetestujemy działanie naszej sieci. Dodatkowo, dzięki fladze `cancelled` dla sygnałów, możemy zliczać udane transmisje oraz kolizje. W konsoli natomiast wypisywane jest graficzne przedstawienie tego, w jaki sposób rozchodzą się sygnały w medium na przestrzeni całej symulacji.

zad2.py

```
from zad2_csma_dc_protocol import TRANS_MEDIUM_LENGTH, MINIMAL_FRAME_LENGTH, WAITING_BUFFER
from zad2_device import Device
from zad2_signal import Signal
import random

DEVICES = [Device(0, 0.18), Device(3, 0.09), Device(7, 0.09)]
transmission_medium = [0] * TRANS_MEDIUM_LENGTH
device_position_label = [0] * TRANS_MEDIUM_LENGTH
for Device in DEVICES:
    device_position_label[Device.position_index] = 1


def make_iteration():
    for device in DEVICES:
```

13. Python: parametry symulacj sieci

```python
def main():


    print('Dev \t', str(device_position_label).replace('[', '<').replace(']', '>'), sep='')
    for i in range(30):
        print(i + 1, end='. \t')
        print(transmission_medium)
        make_iteration()


if __name__ == '__main__':
    main()

```

14. Python: symulacja ustawiona na 30 jednostek czasu

Zaletą protokołu CSMA/CD jest to, że liczba i rozmieszczenie stacji może się zmieniać w trakcie działania sieci, bez wykonywania żadnych ponownych konfiguracji. Plusem jest także to, że sieć nie faworyzuje z góry żadnego z urządzeń. Z każdą kolizją prawdopodobieństwo kolejnych jest coraz mniejsze, ze względu na zwiększanie zakresu losowości. **Wadą** protokołu jest zwiększający się czas oczekiwania w przypadku kolizji, czy też konieczność dostosowywania urządzeń do ich wykrywania.

```
C:\Users\Jakbuczyk\Desktop\TechSieciowe\Lista3>python zad2.py
Dev     <1, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1>
1.      [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]
2.      [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]
3.      [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1]
4.      [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1]
5.      [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1]
6.      [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1]
7.      [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1]
8.      [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1]
9.      [1, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1]
10.     [1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1]
11.     [1, 2, 2, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1]
JAM, JAM, 12.   [2, 2, 2, 2, 1, 2, 2, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1]
JAM, 13.        [3, 1, 1, 3, 2, 2, 2, 2, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1]
14.     [3, 3, 3, 3, 3, 3, 1, 3, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1]
15.     [3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1]
16.     [3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1]
JAM, 17.        [3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 1, 1, 1]
18.     [3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 1, 1, 1, 2, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 3, 1, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 1, 1]
19.     [3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 1, 2, 2, 2, 2, 1, 1, 1, 1, 1, 2, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 3, 3, 3, 3, 1, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 1]
JAM, 20.        [3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 2, 2, 2, 1, 1, 1, 2, 2, 2, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 3, 3, 3, 3, 3, 1, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2]
JAM, 21.        [3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 2, 2, 2, 1, 2, 2, 2, 2, 2, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 1, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 1, 3]
22.     [3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 1, 3, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 1, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 1, 1, 3]
23.     [3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 1, 1, 1, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 1, 2, 2, 2, 2, 2, 1, 3, 3, 3]
24.     [3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 1, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 1, 2, 2, 2, 1, 3, 3, 3, 3]
25.     [3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 1, 1, 3, 3, 3, 3, 3]
26.     [3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 2, 2, 2, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3]
27.     [3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 2, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3]
28.     [3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3]
29.     [3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3]
30.     [3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3]
31.     [3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3]
32.     [3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3]
```

15. Wywołanie programu dla medium długości 50 i 8 urządzeń

Sieci bezprzewodowe posiadają swój rodzaj protokołu CSMA, ze względu na inną specyfikę. W sieci bezprzewodowej nie wszystkie urządzenia „słyszą” się nawzajem, przez co węzły A i C mogą nadawać jednocześnie do węzła B, nie wiedząc o swoim istnieniu. Stosowany jest zatem inny protokół wielodostępu - **CSMA/CA** (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance)*. Według tego protokołu, każde urządzenie przed próbą rozpoczęcia transmisji wysyła **sygnał próbny**. Jeżeli nie zaszła kolizja z sygnałem innego urządzenia – **uzyskuje zgodę** na nadawanie, po czym następuje **właściwa transmisja**. W sieci bezprzewodowej detekcja kolizji podczas transmisji nie jest możliwa, więc stosowany jest **sygnał potwierdzenia** poprawności odbioru.