1. Kolejki komunikatów POSIX

1.1 Podstawowe własności

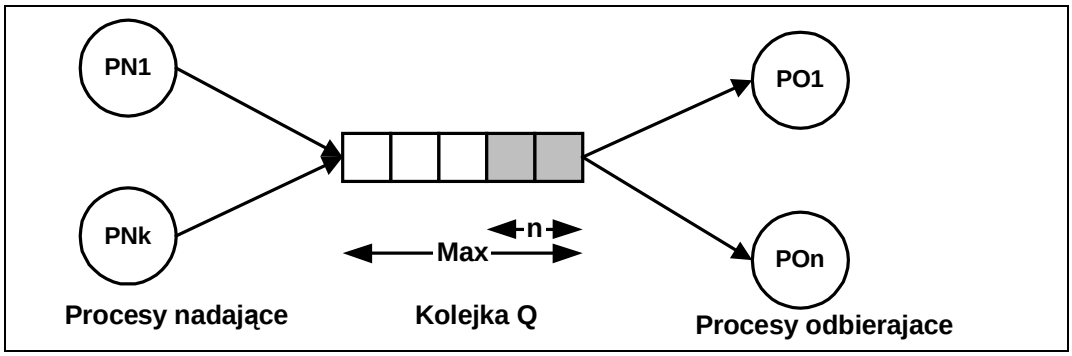
Kolejki FIFO maja następujące wady:

- Komunikaty pozbawione struktury
- Nie można testować stanu kolejki – liczba komunikatów, procesy zablokowane

Wad tych pozbawione są kolejki komunikatów POSIX

Podstawowe cechy kolejek komunikatów:

1. Kolejki komunikatów są pośrednim obiektem komunikacyjnym widzianym jako plik specjalny. Komunikujące się procesy nie muszą znać swoich identyfikatorów.
2. Komunikaty odczytywane z kolejki zachowują strukturę – są separowane. W kolejce mogą znajdować się komunikaty różnej długości. Własności tej nie mają kolejki FIFO.
3. Można zadać maksymalną długość kolejki komunikatów. Gdy zostanie ona przekroczona, proces piszący do kolejki komunikatów będzie zablokowany.
4. Kolejka widziana jest w systemie plików jako plik specjalny. Operacje zapisu / odczytu mogą być zabezpieczane prawami dostępu tak jak w przypadku plików regularnych.
5. Można testować status kolejki (np. liczbę komunikatów w kolejce). Nie jest to możliwe w przypadku kolejek FIFO.
6. Komunikatom można nadać priorytet. Komunikaty wyższym priorytecie będą umieszczane na początku kolejki.



Rys. 1-1 Procesy komunikują się za pomocą kolejki komunikatów

Zastosowanie kolejki komunikatów jest wygodnym rozwiązaniem w następujących przypadkach:

1. Proces wysyłający komunikaty nie może być wstrzymany.
2. Proces wysyłający komunikaty nie potrzebuje szybkiej informacji zwrotnej o tym czy komunikat dotarł do adresata.
3. Zachodzi potrzeba przekazywania danych z procesu w którym one powstają (producent) do procesu w którym są one przetwarzane (konsument)

1.2 Podstawowe typy i plik nagłówkowy

Kolejka komunikatów jest typu mqd_t. Typ ten jest zdefiniowany w pliku nagłówkowym **<mqueue.h>**. Modyfikowalne atrybuty kolejki komunikatów zdefiniowane są w strukturze **mq_attr**.

```
struct mq_attr {
  long mq_maxmsg;    // Maksymalna liczba komunikatów w kolejce
  long mq_msgsize;   // Maksymalna wielkość poj. komunikatu
  long mq_curmsg;    // Aktualna liczba komunikatów w kolejce
  long mq_flags;     // Flagi
  long mq_sendwait;  // Liczba procesów zablok. na operacji zapisu
  long mq_recvwait;  // Liczba procesów zablok. na operacji odczytu
}
```

mq_open	Otwarcie kolejki komunikatów
mq_getattr	Pobranie atrybutów kolejki
mq_setattr	Ustawienie atrybutów kolejki
mq_receive	Odbiór komunikatu z kolejki
mq_send	Zapis komunikatu do kolejki
mq_timedreceive	Odbiór z kolejki komunikatów (z ogr.czasowym)
mq_timedsend	Zapis komunikatu do kolejki (z ogr.czasowym)
mq_notify	Żądanie zawiadomnienia gdy kolejka niepusta
mq_unlink	Skasowanie kolejki
mq_close	Zamknięcie kolejki

1.3 Utworzenie i otwarcie kolejki komunikatów

Kolejkę komunikatów tworzy się za pomocą funkcji:

```
mqd_t  mq_open(char *name,int oflag)

mqd_t  mq_open(char *name,int oflag,int
mode,mq_attr *attr)
```

name	Łańcuch identyfikujący kolejkę komunikatów, ma się zaczynać od /. Kolejki tworzone są w katalogu bieżącym
oflag	Tryb tworzenia kolejki. Tryby te są analogiczne jak w zwykłej funkcji **open**.
mode	Prawa dostępu do kolejki (r - odczyt, w - zapis) dla właściciela pliku, grupy i innych, analogicznie jak w przypadku plików regularnych. Atrybut x - wykonanie jest ignorowany.
attr	Atrybuty kolejki

Ważniejsze tryby tworzenia kolejki komunikatów:

Tryb	Znaczenie
O_RDONLY	Tylko odczyt z kolejki
O_WRONLY	Tylko zapis do kolejki
O_RDWR	Odczyt i zapis
O_CREAT	Utwórz kolejkę o ile nie istnieje
O_NONBLOCK	Domyślnie flaga jest wyzerowana co powoduje że operacje odczytu (**mq_receive**) i zapisu **(mq_send**) mogą być blokujące. Gdy flaga jest ustawiona operacje te nie są blokujące i kończą się błędem.

Tab. 1-1 Podstawowe flagi używane przy tworzeniu kolejek komunikatów

Atrybut	Wartość domyślna
mq_maxmsg	**10**
mq_msgsize	**4096**
mq_flags	**0**

Tab. 1-2 Domyślne atrybuty kolejki komunikatów:

Gdy kolejka już istnieje parametry 3 i 4 funkcji mq_open są ignorowane.

Funkcja **mq_open** zwraca:
1. W przypadku pomyślnego wykonania wynik jest nieujemny – jest to identyfikator kolejki komunikatów
2. W przypadku błędu funkcja zwraca –1.

1.4 Synchronizacja

Przebieg operacji zapisu i odczytu zależy od liczby n komunikatów w kolejce i od jej pojemności Max.

- Wysyłanie komunikatu: **mq_send(...)**
- Odbiór komunikatu: **mq_receive (...)**

Liczba komunikatów n w kolejce Q	Wysłanie komunikatu	Odbiór komunikatu
n = Max	Blokada lub sygnalizacja błędu	Bez blokady
0< n < Max	Bez blokady	Bez blokady
n = 0	Bez blokady	Blokada lub sygnalizacja błędu

Rys. 1-2 Przebieg operacji na kolejce w zależności od liczby komunikatów n w jej buforze

1.5 Wysłanie komunikatu do kolejki

Wysłanie komunikatu do kolejki komunikatów odbywa się za pomocą funkcji:

```
int mq_send(mqd_t mq, char *msg, size_t len, unsigned int mprio)
```

Znaczenie parametrów:

mq	identyfikator kolejki komunikatów,
***msg**	adres bufora wysyłanego komunikatu,
len	długość wysyłanego komunikatu,
mprio	priorytet komunikatu (od 0 do MQ_PRIORITY_MAX).

Wywołanie funkcji powoduje przekazanie komunikatu z bufora msg do kolejki mq. Można wyróżnić dwa zasadnicze przypadki:

1) W kolejce jest miejsce na komunikaty. Wtedy wykonanie funkcji nie spowoduje zablokowania procesu bieżącego.
2) W kolejce brak miejsca na komunikaty. Wtedy wykonanie funkcji spowoduje zablokowania procesu bieżącego. Proces ulegnie odblokowaniu gdy zwolni się miejsce w kolejce.

Zachowanie się funkcji uzależnione jest od stanu flagi O_NONBLOCK. Flaga ta jest domyślnie wyzerowana.

Funkcja zwraca:

0	Sukces
-1	Błąd

1.6 Pobieranie komunikatu z kolejki

Pobieranie komunikatu z kolejki komunikatów odbywa się za pomocą funkcji **mq_receive.**

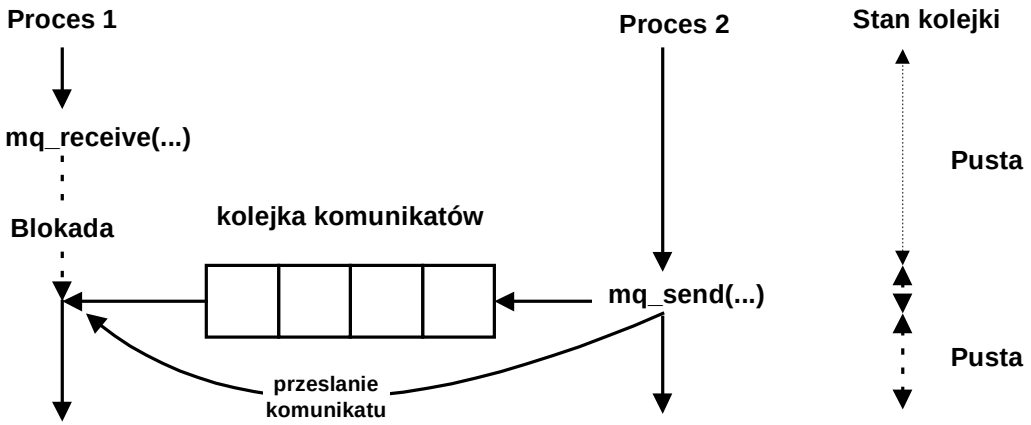
```
int mq_receive(mqd_t mq, char *msg, size_t len,
unsigned int *mprio)
```

Znaczenie parametrów:

mq	identyfikator kolejki komunikatów,
***msg**	Adres bufora na odbierany komunikat,
len	maksymalna długość odbieranego komunikatu,
mprio	priorytet odebranego komunikatu.

1. Gdy w kolejce znajduje się przynajmniej jeden komunikat wywołanie funkcji **mq_receive** nie spowoduje zablokowania procesu bieżącego.
2. Gdy w kolejce brak komunikatów wywołanie funkcji **mq_receive** spowoduje zablokowania procesu bieżącego.

Proces ulegnie odblokowaniu gdy w kolejce pojawi się jakiś komunikat.



Rys. 1-3 Proces 2 blokuje się przy próbie odbioru komunikatu z kolejki.

W przypadku gdy więcej niż jeden proces czeka na komunikat – odblokowany będzie proces który najdłużej czekał. Zachowanie się funkcji uzależnione jest także od stanu flagi O_NONBLOCK.

Funkcja **`mq_receive`** zwraca:

>0 Rozmiar odebranego komunikatu gdy wynik jest większy od 0.

–1 Gdy wystąpił błąd.

Przykład:
Procesy P1 i P2 komunikują się przy pomocy kolejki komunikatów – problem producenta konsumenta.

```
// Proces P1 wysylajacy komunikaty do kolejki MQ1
#include <stdio.h>
#include <mqueue.h>
#define  SIZE     80
typedef struct {
      int  type;         // Typ komunikatu
      char text[SIZE];  // Tekst komunikatu
  } msg_tp;

main(int argc, char *argv[]) {
 int i;
 int res;
 mqd_t  mq;
 msg_tp msg;
 struct mq_attr attr;

 // Ustalenie atrybutów kolejki ----------------
 attr.mq_msgsize = sizeof(msg);
 attr.mq_maxmsg  = 8;
 attr.mq_flags = 0;

 // Utworzenie kolejki komunikatow ------------
 mq=mq_open("/MQ1",O_RDWR | O_CREAT, 0666,&attr);
 if(mq < 0) { // Błąd
    perror("Kolejka MQ1");
    exit(-1);
 }
 for(i=0; i < 10 ;i++) {
    msg.type = 1;
    sprintf(msg.text,"Proces 1 komunikat %d",i);
    // Wysłanie komunikatu ----------------
    res = mq_send(mq,&msg,sizeof(msg),10);
    sleep(1);
  }
  mq_close(mq);
}
```

Przykład 1-1 Kod procesu wysyłającego komunikaty do kolejki MQ1 - producent

```
// Proces P2 odbierający komunikaty z kolejki MQ1
#include <stdio.h>
#include <mqueue.h>
#define  SIZE  80

typedef struct {
      int  type;        // Typ komunikatu
      char text[SIZE];  // Tekst komunikatu
  } msg_tp;

main(int argc, char *argv[]) {
 int i, res, prio;
 mqd_t  mq;
 msg_tp msg;
 struct mq_attr attr;
 // Ustalenie atrybutów kolejki ---------------
 attr.mq_msgsize = sizeof(msg);
 attr.mq_maxmsg  = 8;
 attr.mq_flags = 0;
 // Utworzenie kolejki komunikatow ------------
 mq=mq_open("/MQ1",O_RDWR | O_CREAT, 0666,&attr);
 if(mq < 0) { // Błąd
    perror("Kolejka MQ1");
     exit(-1);
 }
 for(i=0; i < 10 ;i++) {
    // Odbiór komunikatu ----------------
    res = mq_receive(mq,&msg,sizeof(msg),&prio);
    printf("Typ: %d text: %s\n",msg.typ,msg.text);
 }
  mq_close(mq);
}
```

Przykład 1-2 Kod procesu odbierającego komunikaty z kolejki MQ1 - konsument

1.7 Testowanie statusu kolejki komunikatów

Testowanie statusu kolejki komunikatów odbywa się poprzez wykonanie funkcji:

```
int  mq_getattr(mqd_t mq, struct mq_attr *attr)
```

Znaczenie parametrów:

mq lidentyfikator kolejki komunikatów,

***attr** Adres bufora ze strukturą zawierającą atrybuty kolejki komunikatów

Użyteczne elementy struktury atrybutów:

mq_curmsg Aktualna liczba komunikatów w kolejce

mq_sendwait Liczba procesów zablokowanych na operacji zapisu

mq_recvwait Liczba procesów zablokowanych na operacji odczytu

1.8 Odbieranie komunikatu z kolejki – wersja z ograniczeniem czasowym

Pobieranie komunikatu z kolejki komunikatów, ale z ograniczeniem czasowym, odbywa się za pomocą funkcji **mq_timedreceive.**

```
int mq_timedreceive(mqd_t mq, char *msg, size_t
len, unsigned int *mprio, struct timespec
*abs_timeout)
```

Znaczenie parametrów:

mq	Identyfikator kolejki komunikatów,
***msg**	Adres bufora na odbierany komunikat,
len	Maksymalna długość odbieranego komunikatu,
mprio	Priorytet odebranego komunikatu.
abs_timeout	Czas absolutny do którego komunikat musi zostać odebrany

```
struct timespec {
      time_t tv_sec;        /* seconds */
      long   tv_nsec;       /* nanoseconds */
};
```

Gdy w kolejce nie pojawi się komunikat a upłynie czas abs_timeout to funkcja zakończy się z błędem
Kod błędu ETIMEDOUT

1.9 Wysyłanie komunikatu z kolejki – wersja z ograniczeniem czasowym

Gdy kolejka komunikatów jest pełna to wysyłanie komunikatów funkcją mq_send spowoduje zablokowanie procesu bieżącego do czasu gdy nie zwolni się miejsce w kolejce.

Wysyłanie komunikatu do kolejki komunikatów, ale z ograniczeniem czasowym, odbywa się za pomocą funkcji **mq_timedsend.**

```
int mq_timedsend(mqd_t mq, char *msg, size_t len,
unsigned int mprio, struct timespec *abs_timeout)
```

Znaczenie parametrów:

mq	Identyfikator kolejki komunikatów,
msg	Adres bufora na wysyłany komunikat,
len	Maksymalna długość wysyłany komunikatu,
mprio	Priorytet wysyłanego komunikatu.
abs_timeout	Czas absolutny do którego komunikat musi zostać wysłany

```
struct timespec {
      time_t tv_sec;        /* seconds */
      long   tv_nsec;       /* nanoseconds */
};
```

Gdy w kolejce nie pojawi się dość miejsca na pomieszczenie komunikatu a upłynie czas **abs_timeout** to funkcja zakończy się z błędem. Kod błędu ETIMEDOUT

1.10 Zawiadamianie procesu o pojawieniu się komunikatu w kolejce

1. Można spowodować aby pojawienie się komunikatu w pustej kolejce (a wiec zmiana stanu kolejki z „pusta” na „niepusta”) powodowało zawiadomienie procesu bieżącego.
2. Zawiadomienie może mieć postać sygnału lub powodować uruchomienie wątku

```
int mq_notify(mqd_t mq, struct sigevent *notif)
```

Znaczenie parametrów:

mq Identyfikator kolejki komunikatów,

***notif** Adres struktury typu **sigevent** specyfikującego sposób zawiadomienia.

```
union sigval {      /* Dane przekazywane z zawiadomieniem */
  int  sival_int;   /* Wartośc int */
  void *sival_ptr; /* Wskaźnik */
};

struct sigevent {
 int   sigev_notify; /* Metoda zawiadomienia */
 int   sigev_signo;  /* Sygnał zawiadomienia */
 union sigval sigev_value;  /* Dane przekazywane z
                               zawiadomieniem */
 void  (*sigev_notify_function) (union sigval);
       /* Funkcja do tworzenia wątka (SIGEV_THREAD) */
 void  *sigev_notify_attributes;
       /* Atrybuty tworzonego wątku  (SIGEV_THREAD) */
 pid_t  sigev_notify_thread_id;
        /* Identyfikator wątku (SIGEV_THREAD_ID) */
};
```

Tab. 1-3 Deklaracja typu sigevent

Pole **sigev_signo** interpretowane jest jako numer sygnału który będzie wysłany gdy w kolejce pojawi się komunikat. W procesie należy zdefiniować sposób obsługi tego sygnału.

SIGEV_NONE	brak akcji
SIGEV_SIGNAL	wysłanie sygnału
SIGEV_THREAD	uruchomienie wątku

Tab. 1-4 Specyfikacja akcji przy zmianie statusu kolejki z pusty na niepusty

1.11 Zamknięcie i skasowanie kolejki komunikatów

Gdy proces przestanie korzystać z kolejki komunikatów powinien ją zamknąć. Do tego celu służy funkcja:

```
int mq_close(mqd_t mq)
```

Kolejkę kasuje się za pomocą polecenia:

```
int mq_unlink(char *name)
```

1.12 Interfejs /proc

W katalogu /proc znajdują się pliki za pomocą których można testować parametry kolejek komunikatów

_

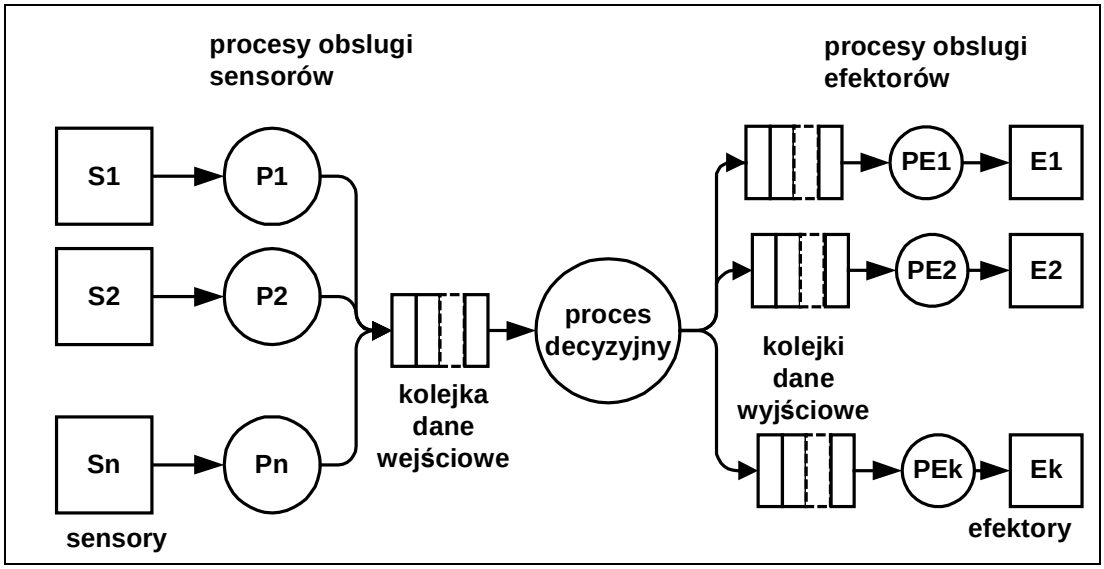
/proc/sys/fs/mqueue/msg_max	maksymalna długość kolejki – domyślnie 10
/proc/sys/fs/mqueue/msgsize_max	maksymalna długość komunikatu – domyślnie 8192
/proc/sys/fs/mqueue/*queues_max*	maksymalna liczba kolejek – domyślnie 256

1.13 Montowanie kolejek komunikatów w systemie plików

```
# mkdir /dev/mqueue
# mount -t mqueue none /dev/mqueue
```

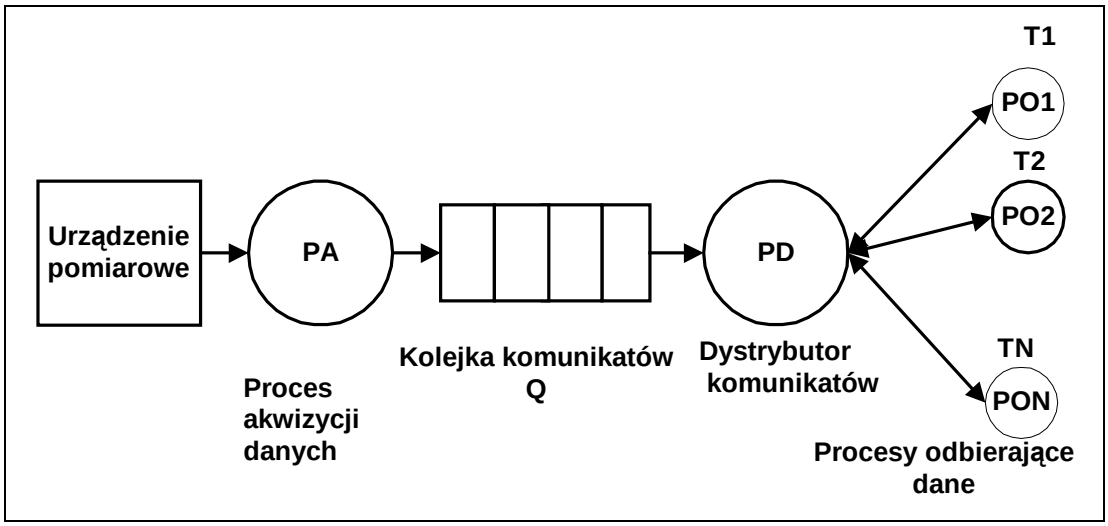
1.14 Przykłady zastosowań

Sterowanie robotem

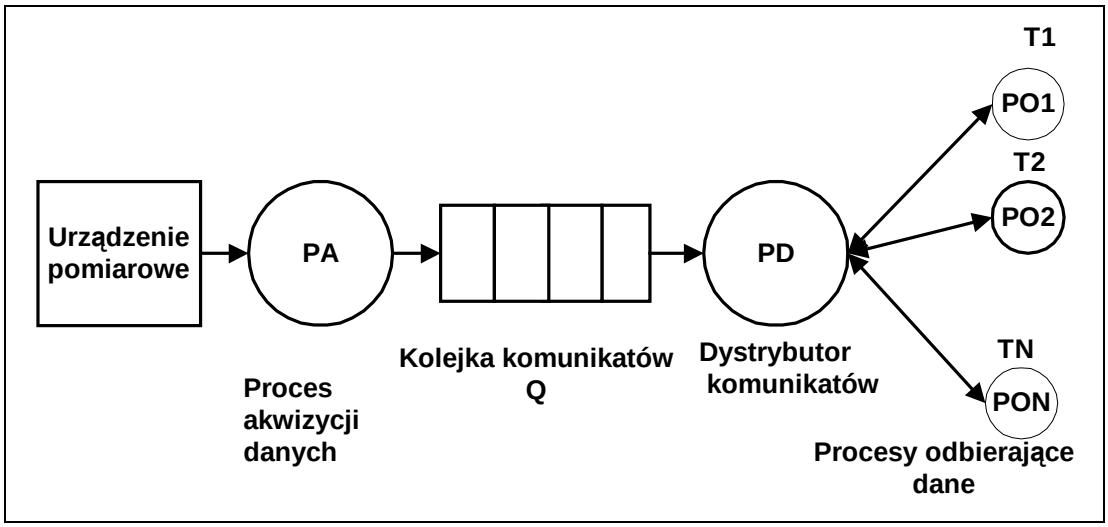


Rys. 1-4 Zastosowanie kolejek komunikatów w robotyce

System akwizycji danych



Rys. 1-5 Akwizycja i dystrybucja danych odbywa się poprzez dwa procesy PA i PD połączone kolejką komunikatów Q.



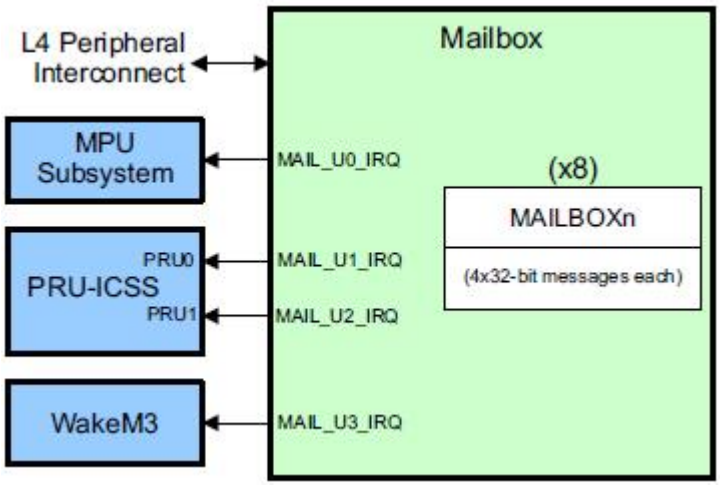
Rys. 1-6 Akwizycja i dystrybucja danych odbywa się poprzez dwa procesy PA i PD połączone kolejką komunikatów Q.

1.15 Sprzętowe kolejki komunikatów

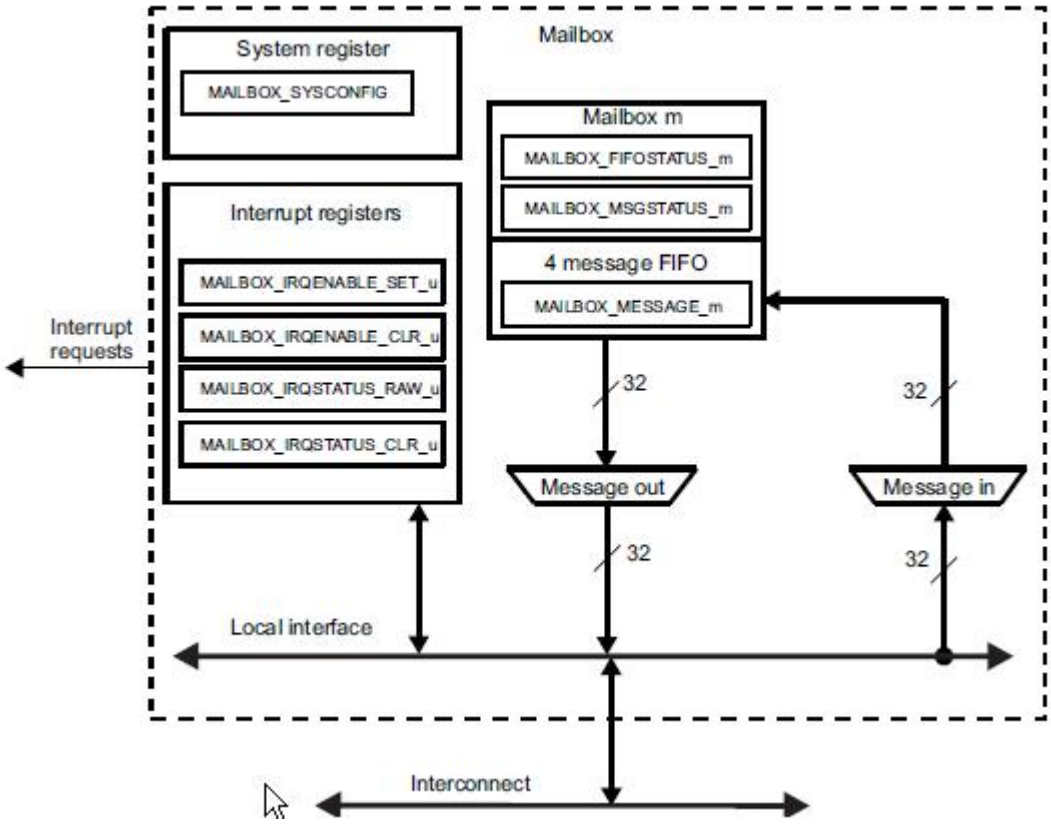
Sprzętowe kolejki komunikatów stosowane są do komunikacji między procesorowej w systemach wieloprocesorowych. Przykładem jest procesor AM3359 zainstalowany w komputerze BeagleBone Black.

Występuje tam 8 mailboxów sprzętowych. Służą między innymi do komunikacji z 2 procesorami PRU (ang. *Programmable Real Time Unit*)

Każdy mailbox może przechowywać do 4 komunikatów 32 bitowych. Może też generować przerwanie.



Rys. 1-7 Mailbox,y do komunikacji w procesorze AM3359



Rys. 1-8 Schemat sprzętowego mailbox,a