

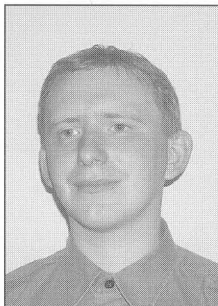
**Arkadiusz HULEWICZ, Michał BOŁTRUKIEWICZ, Dariusz PROKOP, Anna CYSEWSKA-SOBUSIAK**  
POLITECHNIKA POZNAŃSKA, INSTYTUT ELEKTRONIKI I TELEKOMUNIKACJI, ZAKŁAD METROLOGII

## Mikroprocesorowe urządzenie do numeracji pakietów UDP

### Mgr inż. Arkadiusz HULEWICZ

W 2001 roku ukończył z wyróżnieniem studia na Wydziale Elektrycznym Politechniki Poznańskiej. Od 1 października 2001 jest zatrudniony na stanowisku asystenta w Zakładzie Metrologii Instytutu Elektroniki i Telekomunikacji Politechniki Poznańskiej. W swoich pracach zajmuje się wykorzystaniem współczesnych technik teletransmisyjnych i informatycznych w przetwarzaniu oraz transmisji sygnałów biologicznych, a zwłaszcza transmisji sygnałów biooptycznych drogą bezprzewodową. Jego zainteresowania skupiają się również na modelowaniu wybranych sygnałów biomedycznych, programowaniu mikrokontrolerów oraz projektowaniu układów elektronicznych z wykorzystaniem specjalistycznego oprogramowania. Jako autor i współautor opublikował ponad dwadzieścia artykułów i referatów prezentowanych na specjalistycznych konferencjach.

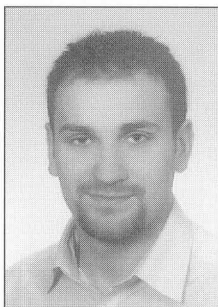
e-mail: hulewicz@et.put.poznan.pl



### Mgr inż. Dariusz PROKOP

Absolwent Wydziału Elektrycznego Politechniki Poznańskiej. Studia na kierunku elektrotechnika, specjalność Elektroniczna Aparatura i Systemy Pomiarowe, ukończył w roku 2002. Obecnie jest uczestnikiem studium doktorskiego na Wydziale Elektrycznym w zakresie Nowoczesna inżynieria elektryczna i informacyjna. Opiekunem naukowym jest prof. dr hab. inż. Anna Cysewska-Sobusiak. Zainteresowania naukowe to: optoelektronika, rozproszone systemy pomiarowe, metody zobrazowania medycznego, biopomiary.

e-mail: dprokop@et.put.poznan.pl



### Dr inż. Michał BOŁTRUKIEWICZ

Ukończył Wydział Elektryczny Politechniki Poznańskiej na kierunku Automatyka i Robotyka w 1994 roku. Stopień doktora nauk technicznych uzyskał na tym samym wydziale w roku 2003. Obecnie pracuje jako adiunkt w Zakładzie Metrologii Instytutu Elektroniki i Telekomunikacji Politechniki Poznańskiej. Jego zainteresowania naukowe koncentrują się na tematyce przetwarzania i modelowania sygnałów pomiarowych (w szczególności biomedycznych), pomiarowych aplikacjach mikrokontrolerów oraz konstrukcji elektronicznych przetworników i kondycjonerów sygnałów. W swoim dorobku naukowym posiada 35 publikacji.

e-mail: boltruk@et.put.poznan.pl



### Prof. dr hab. inż. Anna CYSEWSKA-SOBUSIAK

Absolwentka Wydziału Elektrycznego Politechniki Poznańskiej, specjalność: miernictwo elektryczne i przyrządy pomiarowe. Stopnie naukowe uzyskała w latach: doktora nauk technicznych - w 1978 r., doktora habilitowanego - w 1995 r. Tytuł naukowy profesora uzyskała w roku 2002. Od roku 1971 zatrudniona na Wydziale Elektrycznym Politechniki Poznańskiej, obecnie na stanowisku profesora zwyczajnego. Jej dorobek naukowy obejmuje ponad 140 publikacji, w tym książki, artykuły, patenty, wdrożenia. Dziedziny działalności naukowej: elektrotechnika, elektronika oraz biocybernetyka i inżynieria biomedyczna. Głównie zainteresowania dotyczą metrologii elektronicznej i biomedycznej oraz optoelektronicznej techniki sensorowej.

e-mail: Anna.Cysewska@put.poznan.pl



### Streszczenie

Najistotniejszą wadą protokołu UDP jest brak synchronizacji pomiędzy wysłaniem i odbiorem kolejnych pakietów. Ten problem można rozwiązać poprzez nadawanie pakietom numerów, które byłyby zapisywane w pierwszych bajtach pakietu. Ponieważ profesjonalne medyczne urządzenia pomiarowe, dysponujące możliwością transmisji danych, nie są wyposażone w opcję przygotowania pakietów UDP, zadanie numeracji pakietów powierzono dodatkowemu urządzeniu mikroprocesorowemu, które umieszczono pomiędzy medycznym urządzeniem pomiarowym a transeiverem GPRS. W pracy przeprowadzono analizę konstrukcji urządzenia mikroprocesorowego przeznaczonego do numeracji pakietów UDP oraz opisano jego właściwości sprzętowe i programowe.

### Abstract

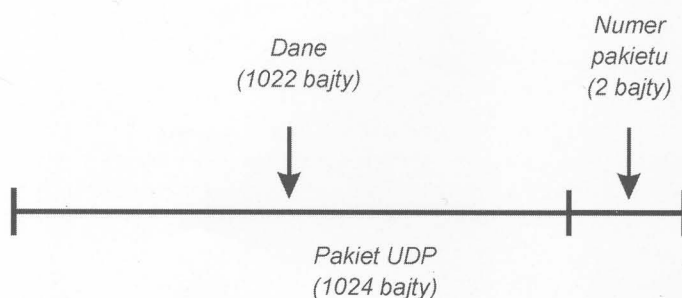
In the UDP protocol, data are transmitted in packets, but the synchronization between transmission and reception of successive packets is not ensured. This problem can be solved by the use of packets numbering. The numbers can be calculated and written as a first and second byte of packets. Because the professional medical measurement devices cannot number data packets, the numbering of data packets can be performed with a specialized additional device, placed between the medical devices and GPRS transceiver. In the paper, the microprocessor device for UDP packets numbering has been described. The attributes of hardware and software have been discussed.

## 1. Wprowadzenie

Telemedycyna jest dynamicznie rozwijającą się dziedziną techniki zlokalizowaną na pograniczu telekomunikacji, techniki pomiarowej oraz medycyny. Jej zakres obejmuje przesyłanie sygnałów biomedycznych (i innych) przy wykorzystaniu istniejących środków technicznych [1-4]. Bezprzewodowa transmisja sygnałów biologicznych jest szczególnie dynamicznie rozwijającą się dziedziną tzw. usług telemedycznych [1,5] W ogólnym pojęciu, usługi telemedyczne oznaczają wymianę informacji medycznych między dwoma ośrodkami, za pomocą łączy telekomunikacyjnych. Wymiana ta związana jest z przesyłaniem danych, monitorowaniem na odległość stanu zdrowia pacjentów, lub zdalną obserwacją zabiegów operacyjnych. Wiadomo, że dużą zaletą usług telemedycznych jest fakt, że mogą one dotyczyć łączności między ośrodkami położonymi w różnych miejscach,

a transmisja sygnałów może odbywać się w dowolnym czasie. Ograniczeniem jest natomiast dokładność przesyłania danych oraz przepustowość kanałów telekomunikacyjnych, która znacząco wpływa na ilość danych przesyłanych w czasie rzeczywistym [6]. Jednakże, zważywszy na obecny stopień zaawansowania technologicznego, w wielu przypadkach ograniczenia te można ominąć.

Operator sieci telefonii komórkowej GSM oferuje dwie alternatywne metody transmisji danych: TCP/IP oraz UDP. W pierwszym przypadku transmisja charakteryzuje się dużą niezawodnością, na którą w istotny sposób wpływa system potwierżeń. Wiąże się to jednak z ponoszeniem znaczących kosztów, ponieważ opłaty naliczane są za czas transmisji. Protokół UDP charakteryzuje się dużym podobieństwem do popularnej usługi teletekstowej - SMS. Pakiety docierają do odbiorcy pierwszą „wolną” drogą sieciową, a ich odbiór nie jest potwierdzany. Opłaty są niezależne od czasu połączenia, zależą natomiast od ilości przesłanych danych. Jest to więc optymalne rozwiązanie w przypadku przesyłanych w czasie rzeczywistym sygnałów wolnozmiennych, do których zalicza się m.in. większość sygnałów biomedycznych. Podstawowym problemem ograniczającym zakres potencjalnych zastosowań protokołu UDP



Rys. 1. Struktura pakietu UDP.

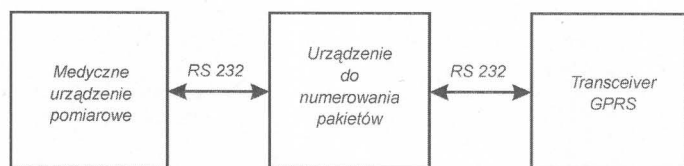
jest niezawodność transmisji. Podobnie jak w przypadku SMS istnieje ewentualność zagubienia pakietu, a brak potwierdzeń uniemożliwia powtórne wysłanie zagubionego pakietu. Ponadto odbiorca nie wie nawet, że otrzymane dane są niekompletne. Ponieważ każdy kolejny pakiet „porusza się” inną drogą sieciową, istnieje niebezpieczeństwo, że nie będą one odbierane w takiej kolejności, w której były nadawane. Sytuacja ta także jest niewykrywalna przez użytkownika. Opisane problemy wynikają z bieżącej kondycji sieci telefonicznej oraz jej obciążenia, stąd występowanie ich ma charakter stochastyczny.

Istotną poprawę niezawodności transmisji UDP zapewnia zaproponowana numeracja pakietów danych i zapis nadanego numeru w strukturze pakietu [7], którą pokazano na rys. 1. Rozwiązanie to nie zabezpiecza transmisji przed ewentualnością wystąpienia opisanych już problemów, pozwala natomiast w ograniczony sposób korygować ich skutki. Zaprezentowana koncepcja była z powodzeniem testowana w systemie pomiarowym wykorzystującym urządzenie pomiarowe własnej konstrukcji [8], którego oprogramowanie zmodyfikowano poprzez zaimplementowanie algorytmu numeracji pakietów. Po stronie sieci telefonii komórkowej zastosowano transceiver GPRS, którego zadaniem było buforowanie danych do momentu zgromadzenia pełnego pakietu UDP (o opcjonalnej długości 1024 bajtów), a następnie wysłanie go do odbiorcy posiadającego transceiver GPRS lub adres internetowy IP.

## 2. System pomiarowy z bezprzewodową transmisją danych

Celem wykonywanych prac była implementacja algorytmu numeracji pakietów UDP w systemie pomiarowym wykorzystującym fabryczne przyrządy pomiarowe, których modyfikacja na poziomie użytkownika jest niemożliwa.

W testowanym systemie wykorzystywano fabryczny pulsooksymetr OXYPLETH 520A, którego zadaniem była akwizycja sygnału fotopletyzmo graficznego (PPG) i jego transmisja w torze interfejsu szeregowego RS232C. Pomiedzy pulsooksymetrem i transceiverem GPRS umieszczono urządzenie mikroprocesorowe, którego zadaniem była modyfikacja strumienia danych wysyłanego przez pulsooksymetr, poprzez dodanie do niego dwóch bajtów zawierających obliczony na bieżąco numer pakietu UDP [5]. Konfigurację badanego systemu pomiarowego pokazano na rys. 2.



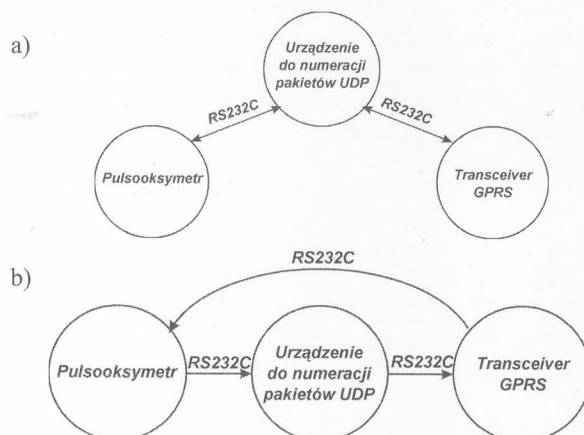
Rys. 2. Badany system pomiarowy.

## 3. Konstrukcja urządzenia do numeracji pakietów UDP

Rozważano dwie alternatywne konfiguracje systemu pomiarowego: gwiazdową i szeregową. Pierwsza z nich zakładała, że urządzenie do numeracji pakietów pełniłoby rolę urządzenia nadrzędnego typu „MASTER” (rys. 3a), sterującego przepływem danych w systemie. Wymagałoby to jednak zastosowania mikrokontrolera posiadającego dwa niezależne porty szeregowo pracujące w standardzie RS232C, co istotnie zawężałoby wybór mikrokontrolera. Ponadto oprogramowanie urządzenia musiałoby uwzględniać specyficzne wymagania pozostałych komponentów systemu. W drugiej z rozważanych konfiguracji w charakterze urządzenia nadrzędnego zamierzano wykorzystać transceiver GPRS (rys. 3b), a zadaniem urządzenia do numeracji pakietów miała być tylko modyfikacja przepływającego przez nie (w jednym kierunku!) strumienia danych. W tej konfiguracji możliwa byłaby współpraca z każdym urządzeniem pomiarowym wyposażonym w interfejs

szeregowy RS232C, a do budowy urządzenia wystarczyłoby mikrokontroler z jednym portem szeregowym.

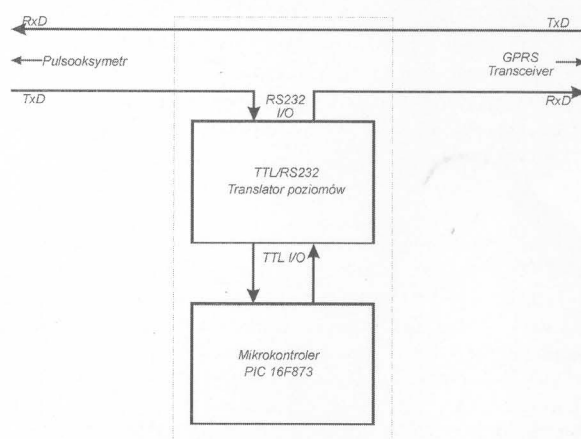
Zrealizowano drugą z rozważanych koncepcji, która jest rozwiązaniem prostszym i jednocześnie bardziej uniwersalnym.



Rys. 3. Koncepcje konfiguracji systemu pomiarowego.

Jedynym kryterium wyboru mikrokontrolera był sprzętowy sterownik interfejsu RS232C, ponieważ obawiano się, że jego programowa implementacja mogłaby istotnie ograniczyć możliwości projektowanego urządzenia w zakresie prędkości transmisji. Do budowy urządzenia wykorzystano mikrokontroler PIC 16F873 firmy Microchip [9], a o jego wyborze zdecydowały głównie doświadczenia nabyte podczas innych implementacji układu.

Podobnie jak zdecydowana większość mikrokontrolerów, PIC16F873 nie realizuje pełnego standardu RS232C [10]. Zapewnia jednak duplexową transmisję danych o długości 8 lub 9 bitów (8 bitów danych + bit parzystości), z jednym bitem stopu, przy wszystkich prędkościach transmisji standardu RS232C. Pomimo istniejących ograniczeń systemowych, możliwości interfejsu szeregowo zaimplementowanego w strukturze PIC 16F873 są wystarczające dla zapewnienia poprawnej komunikacji z większością przyrządów pomiarowych.



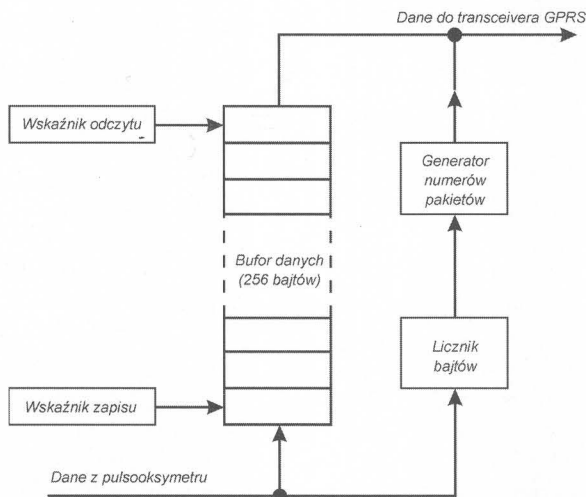
Rys. 4. Schemat blokowy urządzenia do numeracji pakietów UDP.

Oprócz mikrokontrolera i niezbędnych elementów biernych, w konstrukcji układu wykorzystano translator poziomów MAX232, którego zadaniem była konwersja poziomów napięciowych pomiędzy liniami interfejsu RS232C i końcówkami wejściowymi mikrokontrolera pracującego w standardzie TTL. Schemat blokowy urządzenia do numerowania pakietów UDP pokazano na rys. 4.

## 4. Oprogramowanie urządzenia do numeracji pakietów UDP

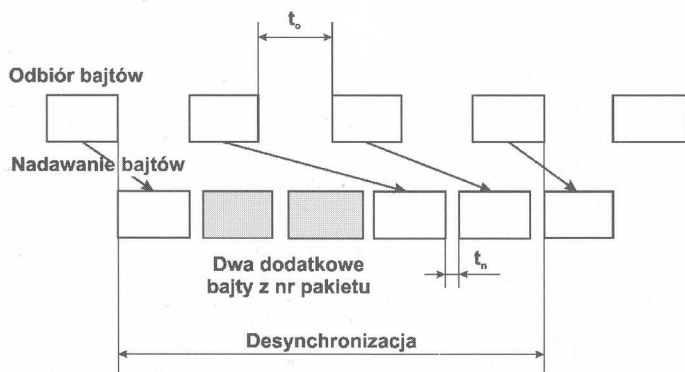
Równie istotnym elementem zasobów sprzętowych mikrokontrolera jest jego pamięć wewnętrzna, której pojemność wynosi 372 bajty. Umożliwia ona programową implementację stosunkowo dużego, 256 bajtowego bufora danych, pracującego w trybie bufora okrężnego, który pokazano na rys. 5.

Zapisem i odczytem bufora sterują dwa niezależne wskaźniki. Podprogram obsługi przerwania od nadajnika, uaktywniany po zakończeniu transmisji kolejnego bajtu, porównuje wartości wskaźników odczytu i zapisu. Jeżeli są one równe, oznacza to że bufor jest pusty, w przeciwnym przypadku podprogram obsługi nadajnika pobiera kolejne bajty z bufora i zapisuje je do rejestru przesuwającego nadajnika transmisji, skąd są wysyłane na zewnątrz. Trwa to do momentu, gdy zawartość wskaźnika odczytu będzie równa zawartości wskaźnika zapisu.



Rys. 5. Schemat blokowy ilustrujący zasadę działania oprogramowania.

Przez większą część czasu pracy bufor okrężny jest pusty, ponieważ kolejne odbierane bajty są zapisywane do bufora i niemalże natychmiast wysyłane do transceiwera GPRS. Wyjątek stanowi sytuacja, gdy mikrokontroler wysłał dwubajtowy numer kolejnego pakietu, ponieważ odbierane równolegle dane oczekują w buforze okrężnym na wysłanie do transceiwera GPRS. W trakcie badań rozważano ewentualność przepełnienia bufora okrężnego, której konsekwencją byłaby destabilizacja systemu pomiarowego i konieczność jego restartu. Odbiornik transmisji szeregowej odbiera kolejne bajty w równych odstępach czasu  $t_0$ , zależnych od kroku próbkowania przyrządu pomiarowego. Pojawienie się w buforze okrężnym dwóch dodatkowych bajtów (zaznaczonych szarym kolorem), na krótko zakłóca synchronizację odbioru i nadawania. Po upływie tego okresu następuje automatyczne zsynchronizowanie się nadajnika i odbiornika (rys. 6).



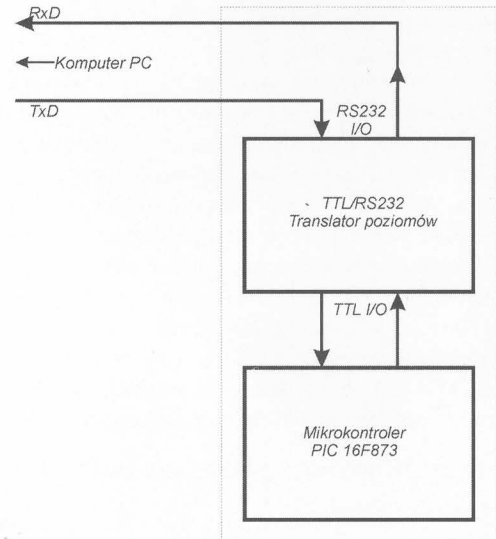
Rys. 6. Mechanizm automatycznej synchronizacji po wysłaniu numeru pakietu.

Mechanizm automatycznej synchronizacji wykorzystuje czas  $t_0$  upływający pomiędzy odbieraniem kolejnych bajtów, który powinien być dłuższy od analogicznego okresu pomiędzy nadawaniem kolejnych bajtów  $t_n$ . Zapis bufora okrężnego i jego odczyt odbywają się niezależnie. Jeżeli bufor nie jest pusty, to wysyłanie kolejnych bajtów jest realizowane do momentu opróżnienia bufora, a pomiędzy kolejnymi wysyłanymi bajtami nie ma praktycznie żadnej zwłoki czasowej, ponieważ transmisję kolejnego bajtu inicjuje sygnał o zakończeniu wysyłania poprzednich danych. Brak zwłoki czasowej przy transmisji kolejnych bajtów sprawia, że niebezpie-

czeństwo przepełnienia bufora okrężnego istnieje tylko w przypadku niewielkich pakietów i jednocześnie bardzo dużej częstotliwości odbioru kolejnych bajtów, gdy zachodzi zależność  $t_0 \approx t_n$ .

## 5. Podsumowanie

Pierwsze testy opracowanego urządzenia przeprowadzono przy użyciu komputera PC, symulując zarówno przyrząd pomiarowy, jak i transceiver GPRS. Urządzenie do numeracji pakietów pracowało w trybie diagnostycznym, którego konfigurację ilustruje rys. 7.



Rys. 7. Konfiguracja trybu diagnostycznego.

Po pomyślnych wynikach uzyskanych w trybie diagnostycznym, wykonano szereg testów, podczas których urządzenie pracowało w docelowej konfiguracji systemu pomiarowego, numerując pakiety o długości 1024 bajty przesyłane z prędkością 9600 bodów. Również w tym wypadku nie zanotowano błędów i problemów w ciągłości transmisji.

Zaprojektowane urządzenie do numeracji pakietów UDP ma charakter uniwersalny i może współpracować w dowolnym systemie pomiarowym wykorzystującym w charakterze interfejsu komunikacyjnego standard RS232C.

## 6. Literatura

- [1] Mobile telehealth – Health Care Services Through Mobile Access, White Paper, Nokia Networks 2000.
- [2] Hung K., Zhang Y.-T.: Implementation of a WAP-based telemedicine system for patient monitoring; IEEE Trans. Information Technology in Medicine, vol. 7, 2003, s. 101-107.
- [3] Noga M., Papier Z., Pasowicz M., Zieliński K.: Przetwarzanie i przesyłanie danych multimedialnych w systemach telemedycznych; Przegląd Telekomunikacyjny, 5/6, 2001.
- [4] Lin J.C.: Applying telecommunication technology to health-care delivery: the current status and challenges of telemedicine; IEEE EMB Magazine, vol. 18, 1999, s. 28-31.
- [5] Hulewicz A., Cysewska-Sobusiak A., Bołtrukiewicz M.: Wireless transmission of photoplethysmographic signals, Elektronika, 2004, nr 8-9, s. 142-145.
- [6] Wesołowski K.: Systemy radiokomunikacji ruchomej, WKiŁ, Warszawa 1998.
- [7] Simla J.: Wykorzystanie sieci telekomunikacyjnych w transmisji sygnałów biomedycznych, Praca dyplomowa pod kier. A. Cysewskiej-Sobusiak, Politechnika Poznańska 2003.
- [8] Bołtrukiewicz M.: Sposoby pozyskiwania i kondycjonowania sygnału fotopletyzmo graficznego, Praca doktorska, promotor A. Cysewska-Sobusiak, Politechnika Poznańska 2003.
- [9] 28/40-pin 8-bit CMOS FLASH Microcontrollers., Microchip Technology, 1999.
- [10] Mielczarek W.: Szeregowe interfejsy cyfrowe, Wyd. Helion, Gliwice 1993.

**Title:** The microprocessor device for numbering of UDP packets.

Artykuł recenzowany