

Piotr STERA

## DŹWIĘK W SYSTEMACH KOMPUTEROWYCH

**Streszczenie.** Artykuł przedstawia krótko problem przesyłania danych o dźwięku przez sieć komputerową, w którym istotną rolę odgrywa objętość danych. Ponieważ ich ilość jest związana z metodą generacji dźwięku, zostały w artykule przedstawione najważniejsze z nich i krótka analiza objętości potrzebnych danych. Na koniec został zaproponowany sposób przesyłania mowy przez sieć komputerową.

## THE SOUND IN COMPUTER SYSTEMS

**Summary.** The article presents a problem of sound data transfer by means of computer networks. It presents most important methods of sound generation and a short analysis of each of these methods in view of data volume. Finally the article offers a method for sending the voice data by means of computer networks.

## SON DANS LES SYSTEMES D'ORDINATEURS

**Resume.** L'article présent en bref le problème de transmission des données sonores par réseau d'ordinateurs. Dans cette transmission un rôle principal joue la capacité des données dépend de la méthode de generation du son. Dans l'article sont présentés les méthodes et leur court analyse au point de vue de la capacité du signal. En fin est proposée la méthode de la transmission de signal de la parole par réseau.

# 1. Metody generacji dźwięku

Podstawowymi parametrami dźwięku są częstotliwość, głośność oraz barwa (timbre). Oceniając możliwości dźwiękowe komputera bierze się pod uwagę zakres możliwości wpływania na te właśnie parametry oraz niezależność kształtowania każdego z nich od pozostałych. W tym artykule zostanie krótko opisany problem przesyłu danych o dźwięku przez sieć komputerową. Najważniejszym aspektem tego zagadnienia jest objętość danych, które opisują dźwięk. Ponieważ ich ilość jest ściśle związana ze sposobem generacji dźwięku, dlatego kilka najważniejszych z nich zostanie poniżej opisanych.

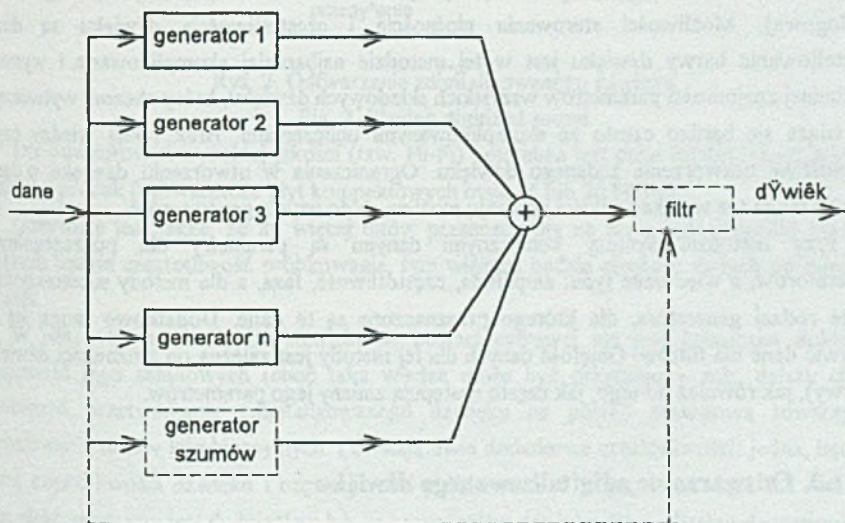
## 1.1. Sterowanie urządzeniem generującym dźwięk

Najprostszą metodą generowania dźwięku w układzie opartym na komputerze jest sprzężenie go z samodzielnym urządzeniem umożliwiającym generację bądź odtwarzanie dźwięku. Od strony komputera problem sprowadza się do tworzenia sygnałów sterujących, zaś sama generacja dźwięku odbywa się poza nim. Sposób i możliwości wpływania na parametry powstającego dźwięku zależą w takim przypadku głównie od urządzenia, w którym powstaje dźwięk. Dotyczy to zarówno jego parametrów dźwiękowych, jak również możliwości sterowania tym urządzeniem z zewnątrz. Jest tu bardzo wiele różnych wariantów: od sterowania typu "załłącz-wyłącz" (np. sterowanie odtwarzaniem dźwięku z magnetofonu) do bardzo bogatych możliwości oferowanych przez interfejs MIDI (ang. Musical Instrument Digital Interface, czyli cyfrowe złącze instrumentu muzycznego), dzięki któremu możliwe jest przekazanie danych bardzo precyzyjnie opisujących generowany dźwięk (ponieważ standard MIDI jest traktowany najczęściej niezależnie od innych metod generacji dźwięku tu omawianych i jest ściśle zdefiniowany, dlatego zostanie omówiony w osobnym podrozdziale).

Z powodu różnorodności rozwiązań tego typu nie da się jednoznacznie ocenić w sposób ogólny możliwości uzyskiwanych przez zastosowanie tej metody generacji dźwięku. Podobnie jest z oceną ilości danych koniecznych do przesłania w celu odtworzenia dźwięku. W ogólnym przypadku można stwierdzić, że danymi dla tej metody generacji są sygnały sterujące urządzeniem zewnętrznym, a więc ich objętość jest ściśle uzależniona od tego urządzenia i rośnie wraz z ilością możliwych do przekazania mu wartości parametrów.

## 1.2. Synteza dźwięku

Innym sposobem tworzenia dźwięku jest jego synteza. Synteza dźwięku jest procesem odwrotnym do analizy, czyli rozkładu (np. analizy opartej o twierdzenie Fouriera). Polega ona na tworzeniu przez analogowe generatory poszczególnych składowych dźwięku (tonów i harmoniczných) o zadanych parametrach, aby ostateczny dźwięk uzyskać poprzez połączenie tych składników. Ogólną zasadę generacji dźwięku tą metodą przedstawia rysunek 1. W zależności od rodzaju wykorzystywanych generatorów metody syntezy dźwięku można podzielić na dwie grupy: addytywne i subtraktywne.



Rys. 1. Synteza dźwięku

Fig. 1. Synthesis of sound

Metoda addytywna jest oparta na zespole generatorów sinusoidalnych, które generują poszczególne składowe sinusoidalne dźwięku o zadanych parametrach. Fale wygenerowane przez nie łączą się ze sobą w celu otrzymania zadanego dźwięku. Złożoność możliwego do wytworzenia tym sposobem dźwięku jest ściśle związana z ilością zastosowanych generatorów.

Metoda subtraktywna (analogowa) różni się tym od poprzedniej, że prócz generatorów drgań sinusoidalnych wykorzystuje się generatory fali prostokątnej, piłokształtnej i w uzupełnieniu trójkątnej. Zasada generacji dźwięku pozostaje bez zmian, ale wykorzystanie fal także o innym przebiegu sprawia, że metoda ta wymaga mniejszej ilości generatorów fal niż metoda addytywna. Zawdzięcza się to charakterystycznemu składowi dodatkowych fal.

Dźwięki wytwarzane za pomocą instrumentów muzycznych charakteryzują się złożoną strukturą, w której harmoniczne parzyste i nieparzyste są w równowadze bądź przeważają nieparzyste. W dźwiękach tych niektóre składowe są szczególnie wzmocnione. Noszą one nazwę formantów. Aby upodobnić dźwięk generowany elektronicznie do naturalnego, stosuje się filtry, dzięki którym można dźwięk odpowiednio przekształcić i nadać żądany kształt widmom poszczególnych drgań.

Często zespół generatorów fal jest uzupełniony o generator szumów, który dodatkowo ułatwia nadanie odpowiedniej barwy niektórym dźwiękom (np. przy generacji dźwięku fletu lub organ dodanie charakterystycznego szumu powietrza).

Możliwości tej metody są też ściśle zależne od ilości i rodzaju zastosowanych generatorów. Zaletą zaś jest to, że otrzymujemy dokładne odwzorowanie dźwięku (generacja analogowa). Możliwości sterowania głośnością i częstotliwością dźwięku są duże. Kształtowanie barwy dźwięku jest w tej metodzie najbardziej skomplikowane i wymaga dokładnej znajomości parametrów wszystkich składowych dźwięku, który chcemy wytworzyć, co wiąże się bardzo często ze skomplikowanymi obliczeniami. Brak takiej wiedzy czyni niemożliwe odtworzenie żadanego dźwięku. Ograniczenia w utworzeniu dźwięku o danej barwie mogą też wynikać z ilości i rodzaju możliwych do użycia generatorów.

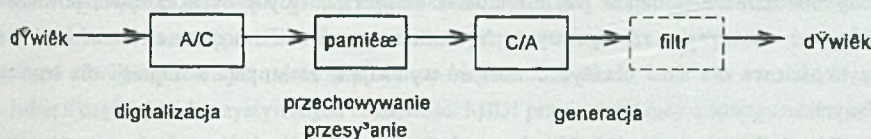
Przy metodzie syntezy koniecznymi danymi są parametry dla poszczególnych generatorów, a więc dane typu: amplituda, częstotliwość, faza, a dla metody subtraktywnej także rodzaj generatora, dla którego przeznaczone są te dane. Dodatkowo mogą się tu pojawić dane dla filtrów. Objętość danych dla tej metody jest zależna od złożoności dźwięku (barwy), jak również od tego, jak często następują zmiany jego parametrów.

### 1.3. Odtwarzanie zdigitalizowanego dźwięku

Innym niż synteza rozwiązaniem problemu generacji dźwięku jest odtwarzanie jego zdigitalizowanej postaci. Digitalizacja, czasem zwana także kwantyzacją, jest procesem przekształcania informacji z postaci analogowej na cyfrową. Dla generacji dźwięku oznacza to, że całkowita informacja o dźwięku zostaje zamieniona na postać cyfrową. Dotyczy to również barwy dźwięku, ale jej zakodowanie odbywa się nie w postaci analitycznej jako parametru dla fali o określonym kształcie (jak przy metodzie syntezy), ale przez bezpośrednie zapisanie przebiegu kształtu fali dźwiękowej. Odtwarzanie zaś jej polega na przekształceniu tych danych z powrotem na informację analogową. Najprostszymi urządzeniami realizującymi te zadania są przetworniki analogowo-cyfrowe (A/C) oraz cyfrowo-analogowe (C/A). Można więc przyjąć, że ogólny schemat generacji dźwięku tą metodą wygląda tak jak na rysunku 2.

W przeciwieństwie do metody syntezy, gdzie zapamiętywane są parametry fali (amplituda, częstotliwość, faza, rodzaj fali określony generatorem), tutaj zapamiętywaniu podlega wartość wychYLENIA nośnika fali (dla fali napięciowej - napięcia) z położenia równowagi

w poszczególnych momentach czasu. Dane te otrzymuje się w wyniku procesu próbkowania. Z powstałego w wyniku takiego działania ciągu liczb można utworzyć krzywą schodkową, która jest odzwierciedleniem digitalizowanej fali. W zależności od częstotliwości próbkowania i rozdzielczości zakresu wartości próbek zależna jest jakość otrzymanego tą drogą odwzorowania pierwotnej fali dźwiękowej. Od tych wielkości zależna jest wierność zachowania oryginalnej barwy dźwięku, która wiąże się bezpośrednio z dokładnością odtworzenia jego obwiedni.



Rys. 2. Odtwarzanie zdigitalizowanego dźwięku

Fig. 2. Playing digitized sound

Dla odwzorowań wysokiej jakości (tzw. Hi-Fi) potrzebna jest duża rozdzielczość zakresu wartości próbek (odtwarzacze płyt kompaktowych mają 16 lub 20 bitów).

Oczywiste jest także, że im więcej bitów przeznaczymy na zapis jednej próbki oraz im większa będzie częstotliwość próbkowania, tym większa będzie objętość danych opisujących dźwięk.

W celu otrzymania zapisu dźwięku w postaci cyfrowej nie jest konieczna dokładna znajomość jego składowych (choć taka wiedza może być przydatna - zob. dalszy ciąg). Procesowi przetwarzania zdigitalizowanego dźwięku na postać analogową towarzyszy powstawanie tonów kombinacyjnych. Powstają dwie dodatkowe częstotliwości: jedna, będąca sumą częstotliwości dźwięku i częstotliwości próbkowania i druga, stanowiąca ich różnicę. Ten efekt nazywany jest dudnieniem lub wykrzywieniem dźwięku (ang. aliasing distortion). W celu wyeliminowania tych częstotliwości dokłada się za przetwornikiem C/A filtr dolnoprzepustowy. Może to jednak negatywnie wpłynąć na jakość odtworzenia barwy dźwięku (obcięcie wyższych harmonicznnych). Przy doborze parametrów filtru przydatna okazuje się znajomość składowych dźwięku, szczególnie tych najwyższych.

Ta metoda generacji dźwięku oparta na spróbkowanej fali jest z wielu względów wygodniejsza od syntezy. Pierwszym tego powodem jest to, że nie wymaga ona wielu różnego typu generatorów, a jedynie uniwersalnego układu generacji. Drugą ważną przyczyną jest brak konieczności posiadania dokładnej wiedzy o składzie widmowym generowanego dźwięku.

Poważną wadą tej metody jest duża objętość danych i to tym większa, im lepszej jakości dźwięk ma być generowany. Stosuje się tu często kompresję danych ze względu właśnie na ich objętość. Najczęściej stosowany do tego algorytm to liniowe kodowanie predykcyjne LPC (ang. Linear Predictive Coding; efektywne dla większej ilości próbek w jednym okresie fali dźwiękowej). Opracowano także metodę kompresji dla zastosowań multimedialnych o nazwie

MPEG-Audio (odpowiednik JPEG dla dźwięku). Pozwala ona na duży stopień zmniejszenia objętości danych. Dzieje się to kosztem utraty tej części informacji, która z punktu widzenia modelu psychoakustycznego słuchu człowieka nie zostanie przez niego usłyszana (częstotliwości leżące poza zakresem słyszalności lub maskowane, tzn. te, które nie są słyszane ze względu na istnienie innego dźwięku w tym samym czasie).

Tego typu dane można oczywiście przesłać przez każdą sieć, jednak jeżeli jest wymagane, aby dźwięk był generowany na bieżąco, to sieć taka musi przesyłać dane odpowiednio szybko. Przy obliczeniach pomijana jest ewentualna kompresja. Gdyby miała miejsce, powinna się odbywać w czasie rzeczywistym. W takim przypadku można ewentualne kryteria szybkościowe dla sieci obniżyć o wartość wynikającą ze stopnia kompresji dla tego typu danych.

Dla nieskompresowanych danych można to wyrazić wzorem:

$$v > f_s * n, \quad (1)$$

gdzie:

$v$  - przepustowość sieci;  $f_s$  - częstotliwość próbkowania;  $n$  - rozdzielczość zakresu próbek w bitach.

#### 1.4. Interfejs muzyczny typu MIDI

MIDI (ang. Musical Instrument Digital Interface) najlepiej chyba przetłumaczyć jako "cyfrowe złącze instrumentu muzycznego". Jest to standard określający interfejs oraz sposób przesyłu danych muzycznych. Ujednolicenie rozwiązania tego problemu pozwala w prosty sposób na wymianę danych i sterowanie różnymi instrumentami oraz systemami komputerowymi posiadającymi takie złącze. Z punktu widzenia informatycznego przesył danych przez MIDI jest transmisją szeregową asynchroniczną. Prędkość tej transmisji wynosi 31 250 bitów na sekundę. Słowo ma długość osiem bitów z bitem startu i jednym bitem stopu, bez bitu parzystości. Nie jest to obecnie rewelacyjna prędkość, ale standard ten został opracowany w latach 1982/83 przy założeniu niedużych kosztów sprzętowych. Obecnie istnieją propozycje przyjęcia nowego standardu, ale przy ogromnym rozpowszechnieniu starego wprowadzenie go nie jest prostą sprawą.

Wymiana danych przez interfejs odbywa się za pomocą tzw. komunikatów, które tworzą ciągi bajtów składające się z bajtu sterującego i odpowiedniej dla niego ilości bajtów danych. Ponieważ do jednego interfejsu może być dołączonych kilka urządzeń, wyróżniono dla rozdzielienia komunikatów pomiędzy nimi tzw. kanały logiczne. Przykładowymi komunikatami są: wybór barwy dźwięku (spośród oferowanych przez dane urządzenie), załączenie/wyłączenie nuty, płynna zmiana wysokości dźwięku czy też ustawienie parametrów kontrolera. Kontrolery to urządzenia pozwalające regulować różne inne parametry dźwięku.

takie jak: pogłos, głębokość wibracji, balans, czas narastania lub opadania i wiele innych. Istnieją też komunikaty pozwalające na zmianę głośności, wibracji czy wysokości dźwięku nawet podczas jego trwania. Istnieją także komunikaty umożliwiające kontrolę nad całością systemu.

Interfejs MIDI przewiduje także możliwość przesyłania za jego pośrednictwem plików. Możliwe jest także za pomocą specjalnych komunikatów dostrojenie do siebie różnych instrumentów (w wypadku zaistnienia takiej konieczności), a nawet strojenie każdej nuty z osobna. Istnieje także bogata grupa komunikatów służących do synchronizacji urządzeń pracujących pod kontrolą MIDI. Są one także przystosowane do współpracy z innymi nośnikami dźwięku, takimi jak taśma filmowa czy magnetofonowa.

Jedną z częściej wykorzystywanych możliwości MIDI przy współpracy z komputerami jest możliwość przesyłania próbek dźwiękowych. Daje to możliwość wzbogacenia instrumentu dowolną barwą dźwięku. Ponieważ spróbkowany dźwięk stanowi dużą ilość danych jak na możliwości MIDI, dlatego też transmisja taka odbywa się ok. 40 razy wolniej niż przesył związany z wykorzystaniem barwy dźwięku wbudowanych w urządzenie.

Prócz tego MIDI przewiduje użycie komunikatów nie zawartych w standardzie, wykorzystujących dodatkowe możliwości udostępniane przez dany instrument. Podsumowując można stwierdzić, że MIDI oferuje szerokie możliwości (prawie dowolne) wpływania na parametry poszczególnych dźwięków, przy czym ważne jest to, że każdy z nich można kształtować niezależnie od innych. Ogromną też zaletą tej metody generacji dźwięku jest fakt, że dane zajmują nieporównywalnie mniej miejsca niż dane przy odtwarzaniu zdigitalizowanego dźwięku. Przy obecnym rozwoju techniki w tej dziedzinie czasem mogą być jednak odczuwalne pewne ograniczenia. Metoda ta nie nadaje się do odtwarzania mowy (trudno ją zdefiniować za pomocą nut czy efektów muzycznych). Cechą (wymienioną już wcześniej) tego sposobu generacji dźwięku z punktu widzenia komputera jest to, że konieczne jest posiadanie niezależnego urządzenia potrafiącego wygenerować zadany przez maszynę cyfrową dźwięk i udostępnić swoje możliwości poprzez interfejs MIDI. Urządzeniem tym jest najczęściej syntezytor pracujący w oparciu o cyfrowy procesor sygnałów (DSP - ang. Digital Signal Processor), który generuje i modyfikuje sygnał analogowy. Przy czym część syntezytorów symuluje brzmienie określonego instrumentu przez generowanie dźwięków posiadających pewną liczbę parametrów zgodnych z dźwiękiem oryginalnym (por. metoda syntezy), a część działa w oparciu o pobrane cyfrowo próbki dźwięku oryginalnego instrumentu muzycznego (por. metoda odtwarzania zdigitalizowanego dźwięku). Od jakości tego syntezytora zależy jakość generowanego w oparciu o MIDI dźwięku.

Standard MIDI definiuje własne formaty plików, tzw. Standard MIDI File Format (SMF). Plik taki zawiera opisy tekstowe informujące o swojej zawartości oraz zasadnicze dane o dźwięku. Informacje te są zapisywane jako ciąg zdarzeń muzycznych. Każde zdarzenie jest opisane przedziałem czasowym, w którym to zdarzenie następuje oraz jego kodem. Bardzo

dużą zaletą tego sposobu zapisu danych jest to, że zajmują one nieporównywalnie mniej miejsca w pamięci niż dane do odtwarzania zdigitalizowanego dźwięku.

Jeżeli przy tej metodzie konieczne jest odtwarzanie dźwięku na bieżąco, to wystarczająca powinna być sieć komputerowa mająca prędkość przesyłu trochę większą niż prędkość przesyłu zdefiniowana w standardzie MIDI tzn. co najmniej ok. 32 kbity na sekundę. Jest to prawda przy założeniu, że ewentualny przesył próbek instrumentów odbędzie się przed właściwym odtwarzaniem. Przesył próbek instrumentów rządzi się podobnymi zasadami jak przesył zdigitalizowanego dźwięku.

## 2. Przesył danych dźwiękowych w sieci komputerowej

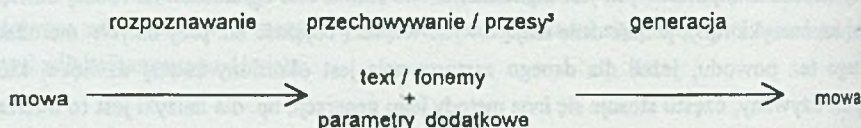
Obliczenia z poprzedniego rozdziału, dotyczące przepustowości sieci komputerowej, są czysto teoretyczne. W praktyce przepustowość sieci powinna być o wiele większa niż wyliczona. Wynika to z tego, że dane o dźwięku nie są jedynymi danymi, które będą przez sieć przesyłane, ale zostaną rozszerzone o odpowiednie adresy i inne konieczne informacje. Powyższe obliczenia zakładają również, że czas dotarcia informacji w sieci od nadawcy do adresata wynika jedynie z prędkości przesyłu danych w sieci. Nie jest uwzględnione obciążenie sieci (np. w tym samym czasie dwóch innych użytkowników sieci będzie chciało zrealizować podobną operację). Problem stanowi również protokół dostępu do łącza, gdyż w sieciach, w których nie jest gwarantowany czas dotarcia informacji do adresata, np. działających w oparciu o zasadę wykrywania konfliktów, nie można zagwarantować również ciągłości odtwarzania dźwięku na bieżąco i mogą wystąpić opóźnienia w tym procesie. Z powyższych rozważań wynika, że wobec sieci, w której ma być realizowane odtwarzanie dźwięku na bieżąco na podstawie przesyłanych danych, trzeba postawić dość wysokie wymagania. W praktyce można jednak próbować (bez całkowitej gwarancji) przesyłu takie realizować w sieciach nie spełniających wymagania zdeterminowanego czasu przesyłu informacji. W takim przypadku jednak prędkość przesyłu danych w sieci powinna być co najmniej kilkakrotnie wyższa od wyliczonych w poprzednim rozdziale, aby w ten sposób w miarę możliwości zamortyzować wpływ obciążenia sieci. Można także zamiast zwiększania prędkości przesyłu danych minimalizować ich ilość i propozycja zastosowania tego wyjścia jest zamieszczona w następnym rozdziale.



### 3. Propozycja sposobu generacji mowy

Z poprzednich opisów wynika, że najbardziej uniwersalnym sposobem zapisu dźwięku w systemach komputerowych jest digitalizacja. Nie stawia ona ograniczeń na rodzaj dźwięku (mowa, muzyka itp.), jednak dane mają o wiele większą objętość niż przy innych metodach. Z tego też powodu, jeżeli dla danego zastosowania jest określony rodzaj dźwięku, który będzie używany, często stosuje się inne metody jego generacji, np. dla muzyki jest to interface MIDI. Proponuję utworzenie analogicznego do MIDI standardu dla generacji mowy. Polegałoby to na tym, że jako dane byłyby zapisywane parametry charakteryzujące głos i sposób wymowy osoby mówiącej oraz treść wypowiedzi w postaci tekstu lub fonemów. Przy odtwarzaniu takiego dźwięku należałoby wygenerować mowę na podstawie tekstu lub fonemów z uwzględnieniem dodatkowych parametrów określających indywidualne cechy danej wypowiedzi. Obrazuje to schematycznie rysunek 3. Jest to analogia do zapisywania w standardzie MIDI muzyki w postaci numerów nut oraz dodatkowych parametrów, od których uzależnione są inne własności dźwięku. Wielkość danych przy proponowanej metodzie zapisu byłaby zbliżona do wielkości przekazywanej treści wypowiedzi zapisanej w postaci tekstu. Podstawowymi problemami przy tak postawionym zadaniu byłoby rozpoznawanie mowy i zamiana jej na tekst lub fonemy, określenie parametrów opisujących indywidualne cechy wypowiedzi oraz wygenerowanie na podstawie tych danych z powrotem mowy. Ponieważ w wielu zastosowaniach nie jest konieczna informacja o wszystkich parametrach głosu, można wprowadzić pewną ich klasyfikację. Wprowadzenie takiego podziału zastosowań według koniecznych do rozróżnienia cech indywidualnych mowy wprowadziłoby pewne uproszczenie przy rozpoznawaniu i generacji, gdyż nie zawsze konieczne byłoby badanie wszystkich cech dźwięku, a jedynie tych, które są istotne dla danego zastosowania (podobnie jak w standardzie MIDI istnieje sposób na skorzystanie z dodatkowych możliwości oferowanych przez dane urządzenie, które są rozszerzeniem w stosunku do opisu standardu). Ponieważ rozpoznawanie mowy stanowi problem sam w sobie, proponuję wprowadzenie do przedstawionej metody możliwości przesyłania nieinterpretowalnych fragmentów wypowiedzi w postaci zdigitalizowanej. W takim przypadku sposób kodowania mowy byłby elastycznie dostosowywany do możliwości urządzenia rozpoznającego mowę. Przy kodowaniu powstaje wtedy zależność: im urządzenie kodujące ma większe możliwości, tym więcej danych jest rozpoznawana i ich objętość w związku z tym mniejsza. W pesymistycznie skrajnym przypadku otrzymamy formę zdigitalizowaną całej wypowiedzi. Wydaje się, że utworzenie generatora mowy nie nasuwa już tak poważnych problemów (wszak istnieją już proste generatory mowy np. w edytorach tekstu). Najważniejsze jest to, aby jego parametry odpowiadały odpowiednim parametrom urządzenia

kodującego, tzn. aby wykorzystać przy odtwarzaniu wszystkie przesłane informacje. Urządzenie odtwarzające powinno oferować co najmniej takie same możliwości (operować na takim samym zbiorze parametrów jak urządzenie rozpoznające mowę). Jeżeli będzie to zbiór, który nie pokrywa zbioru parametrów urządzenia rozpoznającego, wtedy część parametrów dotyczących indywidualnych cech danej wypowiedzi zostanie zignorowana.



Rys. 3. Schemat działania proponowanej metody

Fig. 3 . Scheme of proposal method

## LITERATURA

- [1] Nowak W., Homan W.: MIDI - muzyczny standard dla komputerów. Wydawnictwo "DMM" s.c., Kraków 1994.
- [2] Pierce J. R., David E. E.: Świat dźwięków. PWN, Warszawa 1967.
- [3] Steinbrink B.: Multimedia. U progu technologii XXI wieku. Robomatic, Wrocław 1993.

Recenzent: Dr inż. Ryszard Winiarczyk

Wpłynęło do Redakcji 27 grudnia 1995 r.

## Abstract

The article presents four methods of sound generation: controlling the external device generating the sound, synthesis of sound (Fig. 1), playing the digitized sound (Fig. 2) and the method in which the MIDI interface is applied. Data volume needed for sound generation is related to the used generation method.

In the first method the volume of data can be very different and it depends on the device that is controlled by the computer. In the synthesis method there are needed data for particular generators and possible filters and their quantity depends on complexity of sound. This method requires very precise knowledge all components of sound. For playing the digitized sound the volume of data is much larger then for others' methods and closely connected with sound quality, but it is one of the easiest methods to use and one of the most universal ones. The last of described methods is based on the MIDI interface and it is often used in music generation. It offers wide possibilities with little data to playing the digitized sound.

The last part of the article includes a proposal of coding voice method. In principles it is similar to the functioning of MIDI interface (Fig. 3). The data volume in this method can be approximately the same as the information saved as text. It is much less than by playing the digitized sound.

## MULTI-PORT VISUALIZATION OF ALGORITHMS IN COMPUTER NETWORKS

In this paper, the possibilities of visualization of multi-processor systems for all kinds of visualization are discussed. The systems may possibly comprise many data processors and many projection ports. One shows how a visualization system can be constructed on a basis of a single-station system structure. Possible some visualization methods for distributed systems components are considered. Methods of projection system visualization are presented.

## MULTI-PORT VISUALISATION DES ALGORITHMES DANS LES RESEAUX DES ORDINATEURS

Resumé: Dans l'article on discute des possibilités des systèmes de systèmes multi-ports de la visualisation des algorithmes. Ces systèmes peuvent posséder