

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL**

(11) **229918**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **410821**

(22) Data zgłoszenia: **30.12.2014**

(51) Int.Cl.

A61F 5/58 (2006.01)

H04R 25/04 (2006.01)

(54)

System stymulacji polimodalnej percepcji słuchowej

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

04.07.2016 BUP 14/16

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

28.09.2018 WUP 09/18

(73) Uprawniony z patentu:

**CENTRUM SŁUCHU I MOWY – SPÓŁKA
Z OGRANICZONĄ ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ,
Kajetany, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**ZDZISŁAW MAREK KURKOWSKI, Dys, PL
PIOTR HENRYK SKARŻYŃSKI, Warszawa, PL
ŁUKASZ FRANCISZEK BRUSKI, Warszawa, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Robert Jarzynka

PL 229918 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest system stymulacji polimodalnej percepcji słuchowej.

System stymulacji polimodalnej percepcji słuchowej według wynalazku są innowacyjnymi narzędziami służącymi do prowadzenia specjalnie opracowanej terapii, która swoim zasięgiem obejmuje przede wszystkim zmysł słuchu, ale z uwzględnieniem integracji z innymi zmysłami, oddziaływaniem na sferę emocjonalną i ruchową, umożliwiając tym samym oddziaływanie w bardzo wielu grupach zaburzeń.

Proponowane na rynku treningi nie wykorzystują w pełni możliwości jakie daje dzisiejsza technologia. Urządzenia obecnie wykorzystywane w tych terapiach ze względu na swoje wady funkcjonalne, przede wszystkim gabaryty, wady konstrukcyjne np. problem z jakością okablowania słuchawek, trudność w obsłudze, brak opcji do automatycznej konfiguracji, brak wsparcia do terapii grupowej) powodują iż prowadzona terapia jest uciążliwa dla pacjenta i terapeuty. Niektórzy z autorów urządzeń ograniczają się do miniaturyzacji odtwarzaczy dźwięku bez jednoczesnego zawarcia w nich dodatkowych ustawień (np. filtrowania dźwięku w szerokim paśmie częstotliwości) co wpływa na znaczne ograniczenie funkcjonalności tego typu urządzeń (np. brak możliwości tworzenia indywidualnych programów terapeutycznych).

Dzięki zastosowanym rozwiązaniom prowadzony za pomocą systemu, według wynalazku, trening będzie wzbogacony o szereg nowoczesnych rozwiązań modyfikacji dźwięku jak: filtracja, bramkowanie, modyfikacja czasu trwania, modyfikacja natężenia w wybranych pasmach oraz wiele innych. Metodę treningową, prowadzoną za pomocą systemu, według wynalazku, poszerzają innowacyjne rozwiązania związane z wprowadzeniem terminala multimedialnego, który będzie umożliwiał przeprowadzenie terapii oddziałującej na różne zmysły człowieka w tym samym czasie oraz na sferę emocjonalną i poznawczą.

System, według wynalazku, może być wykorzystywany w polimodalnej terapii, pozwalającej objąć swoim zasięgiem szerokie grupy pacjentów przede wszystkim z zaburzeniami komunikacji językowej (opóźniony rozwój mowy, jękanie, dysleksja, dyslalia, zaburzenia głosu, trudności w nauce j. obcych, itp.)

Innowacyjne rozwiązania sprzętowe przekładają się na innowacyjne rozwiązania w terapii prowadzonej za pomocą systemu, według wynalazku.

Polski patent 168523 opisuje sposób korekcji mowy jękanącej się. Bazuje ona na akustycznej pętli sprzężenia zwrotnego dzielącej sygnał akustyczny pochodzący od osoby używającej urządzenie na pasma częstotliwości. Pasma większych częstotliwości było następnie wzmacniane i kierowane do przetwornika wyjściowego. Pasma mniejszych częstotliwości było natomiast cyfrowo przesuwane w stronę jeszcze niższych częstotliwości i opóźniane.

Polski patent 207484, bazując na nowszych rozwiązaniach w dziedzinie architektur systemów cyfrowego przetwarzania sygnałów wprowadza inne metody jak np. komputerowa analiza sygnału mowy artykułowanej, transpozycja mowy czy algorytmy modyfikacji mowy pętli sprzężenia zwrotnego z użyciem opóźnień, młtiplikatywnej kompresji widma, efektu chóralnego, czy przedłużenia czasu mowy. Dodatkowo zakłada on użycie zminiaturyzowanych urządzeń cyfrowych przetwarzających sygnały mowy, możliwych do zrealizowania jako część aparatu słuchowego, aparatu telefonicznego, czy przenośnego urządzenia pozwalającego na komunikację z komputerem klasy PC, użycie gotowych plików dźwiękowych i oprogramowania dostępnego przez połączenie sieciowe.

Chińska publikacja patentowa CN20121287573 20120814 opisuje podobne rozwiązanie, wykorzystujące zewnętrzną kartę dźwiękową komunikującą się z komputerem klasy PC przy pomocy interfejsu USB.

Patent amerykański 5,629,985 wprowadza pomysł wykorzystania filtra wyrównawczego o charakterystykach sterowanych przez mikroprocesor pozwalający na dokładniejsze dopasowanie potrzebnych charakterystyk do uzyskania pożądaných celów.

System do stymulacji polimodalnej percepcji słuchowej zawierający wejście oraz mikrofon połączone z układem przetwarzania sygnału wejściowego a także źródło zasilania, według wynalazku, charakteryzuje się tym, że

1) z procesorem audio (4) połączone są wejście audio (1) oraz mikrofon (2) za pośrednictwem wzmacniacza wejściowego (3);

2) procesor audio (4) połączony jest ze wzmacniaczem wyjściowym (5) dla słuchawek kostnych (7) oraz ze wzmacniaczem wyjściowym (6) dla słuchawek powietrznych (8);

3) z dekoderm DTMMF (9) połączone są wejście audio (1), wzmacniacz wejściowy (3) oraz mikrokontroler sterujący (10), który połączony jest także ze wzmacniaczem wejściowym (3), procesorem audio (4), wzmacniaczem wyjściowym (5) dla słuchawek kostnych (7), wzmacniaczem wyjściowym (6) dla słuchawek powietrznych (8), pamięcią SRAM oraz interfejsem JTAG.

Korzystnie, źródło zasilania składa się z portu USB (13) bezpośrednio podłączonego do bloku ładowania akumulatora wraz z akumulatorem Li-Ion (14), do którego połączony jest stabilizator napięcia (15).

Korzystnie, system umieszczony jest w obudowie o kształcie i rozmiarach zbliżonych do przenośnego odtwarzacza kaset, przenośnego odtwarzacza MP3, przenośnego radia, lub smartfonu.

Aby sprawić by terapia z użyciem systemu, według wynalazku, była możliwa do przeprowadzenia bez udziału komputerów klasy PC, lub podobnych urządzeń o większych gabarytach zdecydowano się na sterowanie parametrami sesji przy pomocy komend zakodowanych metodą DTFM, a co za tym idzie możliwych do przesłania przez wejście audio wraz z sygnałem dźwiękowym. Ze względu na to rozwiązanie połączenie z urządzeniem typu tablet zawierającym specjalistyczne oprogramowanie terapeutyczne odbywa się zwykłym kablem audio przez standardowe wyjście urządzenia typu mini-jack. W przeciwieństwie do poprzednio wymienionych patentów dodatkowe połączenia interfejsami typu USB rozwiązanie według wynalazku wymaga jedynie połączenia kablem audio, który jest wymagany także do przesyłania sygnałów dźwiękowych podczas wykorzystywania aplikacji terapeutycznych. Zastosowanie kodowania DTFM może prowadzić do rozwinięcia oprogramowania na inne platformy bez konieczności modyfikowania przystawki systemu, według wynalazku, a nawet sterowanie urządzeniem przy pomocy wcześniej przygotowanych plików muzycznych odtwarzanych np. za pomocą kompaktowych odtwarzaczy mp3.

Kolejną cechą systemu według wynalazku odróżniającą od publikacji ze stanu techniki jest zabezpieczenie przed przesterowaniem zbyt wysokim poziomem głośności. Możliwe jest zarówno wyłączenie wzmacniaczy wyjściowych, jak i wzmacniacza wejściowego skutkujące odcięciem zbyt głośnego sygnału wejściowego chroniące pacjenta przed uszkodzeniem słuchu.

W odróżnieniu od innych urządzeń tego typu system, według wynalazku, pozwala na jednoczesne wykorzystanie sygnału pochodzącego z mikrofonu, jak i sygnału z wejścia audio. Może okazać się to użyteczne w wypadku np. symulacji rozmów, gdzie podkładem będzie szum, lub odgłosy ulicy, czy też przy samodoskonaleniu śpiewu z podkładem muzycznym.

Przedmiot wykonania został przedstawiony w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schemat blokowy systemu stymulacji polimodalnej percepcji słuchowej, według wynalazku.

System stymulacji polimodalnej zawierający procesor audio (4), do którego połączone są wejście audio (1) oraz mikrofon (2) za pośrednictwem wzmacniacza wejściowego (3). Procesor audio (4) połączony jest także ze wzmacniaczem wyjściowym (5) dla słuchawek kostnych (7) oraz ze wzmacniaczem wyjściowym (6) dla słuchawek powietrznych (8). Z dekoderm DTMMF (9) połączone są wejście audio (1), wzmacniacz wejściowy (3) oraz mikrokontroler sterujący (10), który połączony jest także ze wzmacniaczem wejściowym (3), procesorem audio (4), wzmacniaczem wyjściowym (5) dla słuchawek kostnych (7), wzmacniaczem wyjściowym (6) dla słuchawek powietrznych (8), pamięcią SRAM oraz interfejsem JTAG. Źródło zasilania składa się z portu USB (13) bezpośrednio podłączonego do bloku ładowania akumulatora wraz z akumulatorem Li-Ion (14), do którego połączony jest stabilizator napięcia (15). System, według umieszczono w obudowie o kształcie i rozmiarach zbliżonych do przenośnego odtwarzacza kaset, przenośnego odtwarzacza MP3, przenośnego radia, lub smartfonu.

Sygnał wejściowy może pochodzić zarówno z zewnętrznego urządzenia podłączonego do wejścia audio (1), jak i mikrofonu (2). Sygnał pochodzący z mikrofonu trafia następnie do układu wzmacniacza wejściowego (3) w celu wzmocnienia go o 20dB. W wypadku przesterowania zbyt dużym sygnałem akustycznym istnieje możliwość wyłączenia układu wzmacniacza wejściowego (3) sygnałem sterującym, pochodzącym z mikrokontrolera sterującego (10), czego rezultatem jest odcięcie sygnału wejściowego i uchronienie pacjenta używającego urządzenie przed zbyt głośnym dźwiękiem. Sygnał jest przesyłany do procesora audio (4) i dekodera DTMF (9).

Procesor audio (4) odpowiada za przetwarzanie sygnału z analogowego na cyfrowy, realizuje funkcje filtrów górnoprzepustowych, filtrów dolnoprzepustowych i dostosowywanych indywidualnie filtrów wąskopasmowych, oraz monitoruje sygnał dźwiękowy. W wypadku przekroczenia zadanych progów procesor (4) zawiadamia o zdarzeniu mikrokontroler sterujący (10), oraz przełącza kanał wyjściowy na odpowiedni układ. Przechowuje on także informację o wartości progu przełączania.

W zależności od danych ustawień i wartości natężenia sygnał zostaje skierowany do wzmacniacza wyjściowego kostnego (5) i słuchawek kostnych (7), lub wzmacniacza wyjściowego powietrznego (6) i słuchawek powietrznych (8). Same wzmacniacze (5, 6) mogą sterować sygnał tak, by modyfikować stosunek głośności pomiędzy kanałami lewym i prawym, a także wybór czy sygnał będzie przekazywany monauralnie czy binauralnie. Istnieje także możliwość wyłączenia zarówno wzmacniacza wyjściowego kostnego (5), jak i wzmacniacza wyjściowego powietrznego (6) przy pomocy sygnału pochodzącego z mikrokontrolera sterującego (10). Pozwala to na ograniczenie zużycia mocy poprzez aktywowanie wyżej wymienionych układów tylko w momentach ich faktycznej pracy.

Mikrokontroler sterujący (10) jest odpowiedzialny za interpretację sygnałów sterujących przekazywanych z dekodera DTMF (9), sygnałów pochodzących z procesora audio (4), analizę przychodzących informacji, przekazywanie komend sterujących do reszty układów urządzenia, oraz zarządzanie mocą baterii. Programowanie urządzenia, oraz jego diagnostyka odbywa się przy pomocy interfejsu JTAG (12). Mikrokontroler jest także połączony z blokiem pamięci SRAM (11) pozwalającym na szybki dostęp i odczyt potrzebnych w danej chwili informacji, np. opóźnione sygnały.

Dekoder DTMF (9) odpowiada za odbieranie sygnałów audio zakodowanych modulacją DTMF pochodzących z wejścia audio (1) oraz ich translację na komendy przesyłane do mikrokontrolera sterującego (10). Na początku każdej sesji przesyłana zostaje ramka danych zawierająca informacje o między innymi czasie trwania materiałów dydaktycznych MSB i LSB, opóźnieniach przełączania kanałów, wartości progu przełączania, głośności sygnałów wyjściowych, oraz charakterystyk programowalnych filtrów.

Jako główne źródło zasilania wykorzystany został port USB (13). Bezpośrednio do złącza podłączony jest blok ładowania akumulatora wraz z akumulatorem Li-Ion (14), który realizuje funkcję ładowania akumulatora, oraz pozwala; na wizualną ocenę jego stopnia naładowania poprzez zapalenie diod LED. Stabilizator napięcia 3,3V (15) ma za zadanie utrzymać stałą wartość napięcia. Dostarcza on energię do większości układów urządzenia. Wyjątkiem jest dekodery DTMF (9) wymagający napięcia 5V. Za zasilanie tego układu odpowiada przetwornica 3,3V na 5V (16) podłączona do stabilizatora napięcia 3,3V (15).

Przykładem zastosowania systemu może być praca pacjenta nad korektą własnej wymowy z użyciem efektu wyprzedzenia. Po podłączeniu do wejścia audio (1) urządzenia typu tablet ze specjalistycznym oprogramowaniem prowadzący terapię wybiera odpowiednie parametry dla danej sesji. Ramka zawierająca informacje o charakterystykach filtrów i progu przełączania zostaje zakodowana jako sygnał audio i przesłana do dekodera DTMF (9). Zdekodowany sygnał zostaje następnie przesłany do mikrokontrolera sterującego (10), który następnie przesyła odpowiednie komendy do procesora audio (4). Mowa pacjenta zostaje zarejestrowana przez mikrofon (2). Sygnał z mikrofonu (2) zostaje wzmacniony przez wzmacniacz wejściowy (3) i przetworzony, oraz przefiltrowany przez procesor audio (4). Po przekroczeniu ustalonego progu procesor audio (4) wysyła komunikat do mikrokontrolera sterującego (10). Zgodnie z ustawieniami dobranymi na początku sesji mikrokontroler (10) steruje procesorem audio (4) tak, aby sygnał dotarł do pacjenta najpierw drogą kostną (5, 7), po czym po określonym w ramce czasie drogą powietrzną (6, 8).

Kolejnym przykładem może być wykorzystanie interaktywnego oprogramowania. Tak jak w poprzednim przykładzie podłączony zostaje iPad ze specjalistycznym oprogramowaniem i uruchomiona gra Pianino. Polega ona na rozpoznawaniu melodii złożonych z tonów o znacznie zróżnicowanej częstotliwości. Wraz z odniesionymi sukcesami ilość dostępnych częstotliwości rośnie. Po podłączeniu urządzenia mobilnego do wejścia audio (1) zostaje przesłana ramka z charakterystykami filtrów odpowiednich dla tonów wykorzystywanych w grze, głośnością sygnałów wyjściowych, informacją, czy sygnał wyjściowy będzie podawany tylko drogą kostną (5, 7), drogą powietrzną (6, 8), czy też jednocześnie obydwojema drogami. Dodatkowo sygnał może zostać przekazany monauralnie, lub binauralnie z podanym stosunkiem głośności pomiędzy lewą, a prawą stroną. Pozwoli to porównać rozpoznawanie częstotliwości tonów przez pacjenta, oraz zauważyć różnice pomiędzy możliwościami lewego i prawego ucha.

System stymulacji polimodalnej percepcji słuchowej posiada następujące możliwości:

- 1) Filtrowanie sygnału zewnętrznego
 - i) filtrowanie górnoprzepustowe, uwzględniające wyjściowe częstotliwości różniące się o $\frac{1}{2}$ oktawy;
 - 2) filtrowanie szerokopasmowe w tym:

- a) filtry uwzględniające cechy dystynktywne zależne od określonego miejsca artykulacji (wargowe / wargowo-zębowe, przedniojęzykowo-zębowe/przedniojęzykowo-dziąsłowe / środkowojęzykowe / tylnojęzykowe);
- b) filtry uwzględniające cechy dystynktywne zależne od stopnia zbliżenia (otwarcia) narządów mowy (zwartowobuchowe / szczelinowe [sybilanty] / zwartoszczelinowe [afrykaty] / [półotwarte/otwarte];
- c) filtry uwzględniające cechy dystynktywne zależne od dźwięczności (dźwięczne/bezdźwięczne);
- d) filtry uwzględniające cechy dystynktywne zależne od udziału jamy nosowej (ustne/nosowe);
 - iii) filtrowanie dolnoprzepustowe;
 - iv) filtry zaprogramowane na częstotliwości określonych dźwięków mowy charakterystycznych dla określonego języka;
- 2) Rozdzielenie sygnału na drogę powietrzną i kostną
 - i) niezależna/ jednoczesna stymulacja przewodnictwa powietrznego i kostnego
 - ii) wyprzedzenie/opóźnienie stymulacji drogi kostnej w stosunku powietrznej.
- 3) Sterowanie sygnałem prawo- i lewousznie (stymulowanie lateralizacji słuchowej);
 - i) stosowanie większego natężenia sygnału w prawej słuchawce i regulacja stosunku sygnału prawousznego do lewousznego poprzez zmianę natężenia w lewym kanale;
 - ii) stosowanie autokontroli własnych wypowiedzi drogą powietrzną i kostną ukierunkowaną na percepcję prawouszną poprzez różnicę wyprzedzenia sygnału w prawej i lewej słuchawce, a także dzięki zastosowaniu mikrofonu umieszczonego po prawej stronie (zazwyczaj stosuje się mikrofon niezależny lub klasyczne zestawy, w których mikrofon umieszczony jest po lewej stronie)
- 4) Sterowanie aplikacją filtrów ze względu na natężenie
 - i) zmiana charakterystyki filtrów ze względu na natężenie sygnałów wejściowych.
- 5) Sprawdzenie korelacji wprowadzanych danych o percepcji słuchowej pacjenta z ustawieniem parametrów modyfikacji dźwięków przedmiotowych, muzyki, śpiewu i mowy:
 - i) ustawienie parametrów częstotliwości (filtrów. Lateralizacji) w zależności od wartości testów FPT, TRW, TRS oraz oceny artykulacji;
 - ii) ustawienie parametrów czasu trwania;
- 6) Sterowanie przyrządem za pomocą protokołu opartego na DTFM z tabletu multimedialnego
 - i) możliwość podawania komend sterujących i zmiana ustawień sesji przy pomocy sygnałów dźwiękowych kodowanych metodą DTFM przesyłanych kablem audio przy pomocy wyjścia słuchawkowego iPad.
- 7) Zdalne monitorowanie i kontrola przebiegu terapii
- 8) Zdalne programowanie przebiegu terapii
 - i) ustalenie parametrów, charakterystyk filtrów dla indywidualnych sesji.
- 9) Umożliwienie zastosowania programów stymulujących zachowania emocjonalne:
 - i) współpraca z aplikacjami mobilnymi wymagającymi oceny bodźca dźwiękowego na tle powiązanych z nim emocji.
- 10) Umożliwienie zastosowania programów stymulujących koordynację słuchowo-ruchową:
 - i) współpraca z aplikacjami mobilnymi wymagającymi reakcji motorycznej na bodziec dźwiękowy.
- 11) Umożliwienie zastosowania programów stymulujących koordynację słuchowo-wzrokową
 - i) współpraca z aplikacjami mobilnymi wymagającymi powiązania zjawiska ruchu, rozpoznania kształtów, czy znaków z bodźcami dźwiękowymi.
- 12) Urządzenie umożliwia poprowadzenie terapii grupowych.

Zastrzeżenia patentowe

1. System do stymulacji polimodalnej percepcji słuchowej zawierający wejście oraz mikrofon połączone z układem przetwarzania sygnału wejściowego a także źródło zasilania, **znamienny tym**, że:
 - z procesorem audio (4) połączone są wejście audio (1) oraz mikrofon (2) za pośrednictwem wzmacniacza wejściowego (3);
 - procesor audio (4) połączony jest ze wzmacniaczem wyjściowym (5) dla słuchawek kostnych (7) oraz ze wzmacniaczem wyjściowym (6) dla słuchawek powietrznych (8);

z dekoderm DTMMF (9) połączone są wejście audio (1), wzmacniacz wejściowy (3) oraz mikrokontroler sterujący (10), który połączony jest także ze wzmacniaczem wejściowym (3), procesorem audio (4), wzmacniaczem wyjściowym (5) dla słuchawek kostnych (7), wzmacniaczem wyjściowym (6) dla słuchawek powietrznych (8), pamięcią SRAM oraz interfejsem JTAG.

2. System, według zastrz. 1, **znamienny tym**, że źródło zasilania składa się z portu USB (13) bezpośrednio podłączonego do bloku ładowania akumulatora wraz z akumulatorem Li-Ion (14), do którego połączony jest stabilizator napięcia (15).
3. System, według zastrz. 1 lub 2, **znamienny tym**, że umieszczony jest w obudowie o kształcie i rozmiarach zbliżonych do przenośnego odtwarzacza kaset, przenośnego odtwarzacza MP3, przenośnego radia, lub smartfonu.

Rysunek

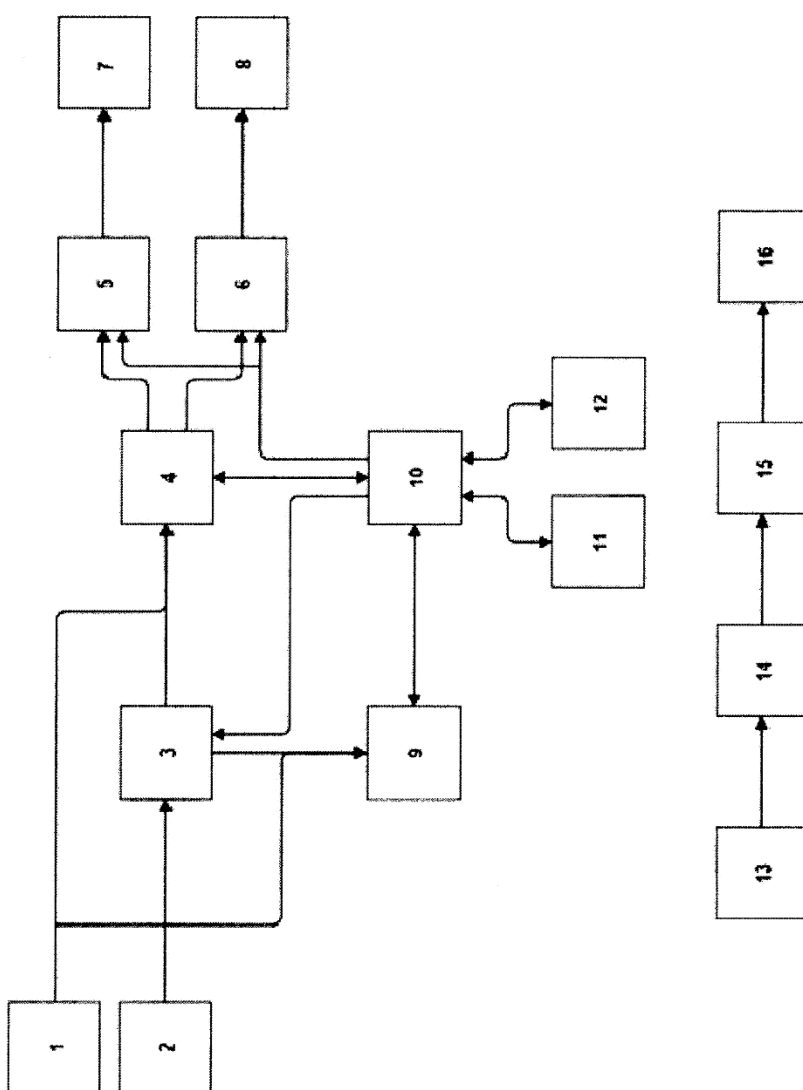


Fig. 1