

Jarosław M. SZYMAŃDA¹

AUTOMATYCZNA AKWIZYCJA DANYCH W ROZPROSZONYCH SYSTEMACH TELETRANSMISYJNYCH

W artykule przedstawiono propozycję mającą wspomagać zarządzanie wybranymi elementami wytwarzania i dystrybucji energii elektrycznej, w szczególności kontroli jakości energii dostarczanej do odbiorców końcowych. Prezentowane wyniki obejmują wybrane elementy projektu w ramach prac podstawowych w kontekście archiwizacji i szybkiej identyfikacji sygnałów elektrycznych. Przeprowadzone badania wskazują na wysoką skuteczność identyfikacji stanu i jakości energii na podstawie aglomeracji bardzo dużej liczby pakietów informacyjnych.

THE AUTOMATIC DATA ACQUISITION IN DISTRIBUTED SYSTEMS TELETRANSMISSION

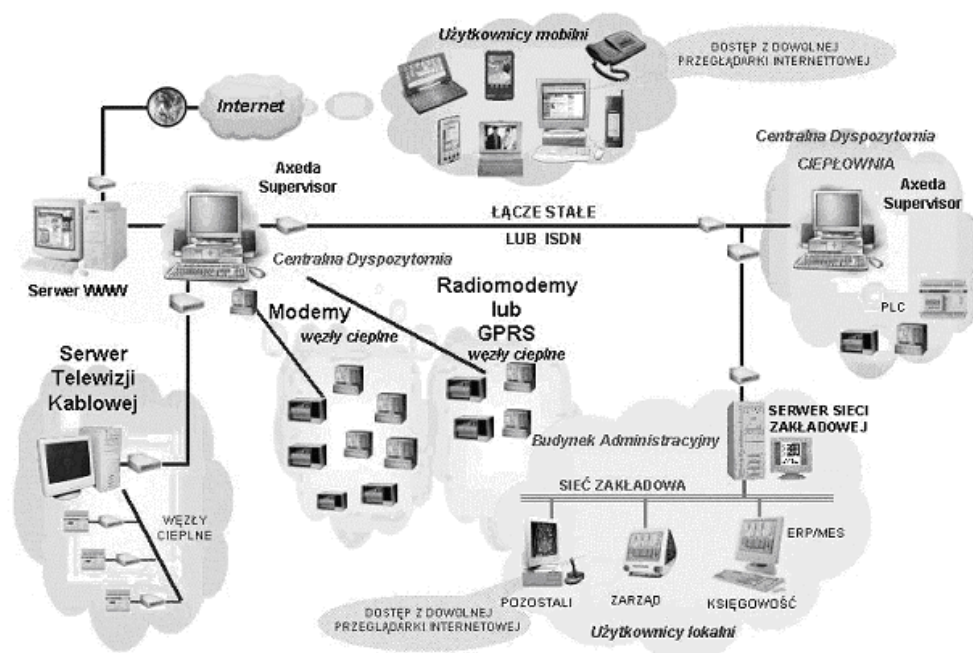
In this paper the proposal of a telemetry system is presented. The main goal of the work is multiposition systems of computer science, integration dispersed database servers and other functionalities. The proposed system can support the distribution of electricity. Investigations indicate the high efficiency of the identification of the state and the quality of the energy on the basis the agglomeration of the very large number of information records.

1. WSTĘP

W ostatnich latach do tradycyjnych wytwórców energii (elektrycznej, cieplnej) o skupionej w jednym miejscu produkcji i pozyskiwania zasobów, dołączają coraz to nowsze technologie, także o rozproszonym charakterze występowania (energii odnawialnej). W tym kontekście niezwykle istotnym elementem staje się ocena niezawodności działania połączonych systemów. Ocena nie tylko z punktu widzenia ekonomii i bezpieczeństwa energetycznego, ale także występowania możliwych zagrożeń dla środowiska naturalnego. Problem niezawodnego przesyłu informacji nabiera szczególnego znaczenia również we wszystkich procedurach centralnego zarządzania dla zróżnicowanych poziomów kompetencji i odpowiedzialności. W artykule przedstawiono propozycję przesyłu danych telemetrycznych w zakresie szybkiej identyfikacji pakietów wykorzystywanych w algorytm-

¹Politechnika Wroclawska, Wydział Elektryczny, 50-370 Wrocław, Wybrzeże Wyspiańskiego 27
e-mail: jaroslaw.szymanda@pwr.wroc.pl

mach kontroli jakości energii elektrycznej (m.in. według PN-EN 50160). Telemetria to dziedzina telekomunikacji zajmująca się technikami przesyłu wartości pomiarowych i diagnostycznych na odległość. Polega zazwyczaj na umieszczaniu w terenie urządzeń, które dokonują pomiaru wybranej wielkości oraz automatycznym przesyłu danych (drogą radiową, za pośrednictwem telefonii komórkowej i satelitarnej, poprzez Internet itd.) do systemu centralnego (Rys.1) [1,2,3]. Telemetria to także zarządzanie i nadzorowanie elementów odpowiedzialnych za bezpieczną eksploatację całych systemów od wytwórców i dystrybutorów energii do odbiorców końcowych.



Rys.1. Wybrane komponenty systemu transmisji danych (telemetrii)

2. ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE

2.1 Strukturalny przepływ informacji

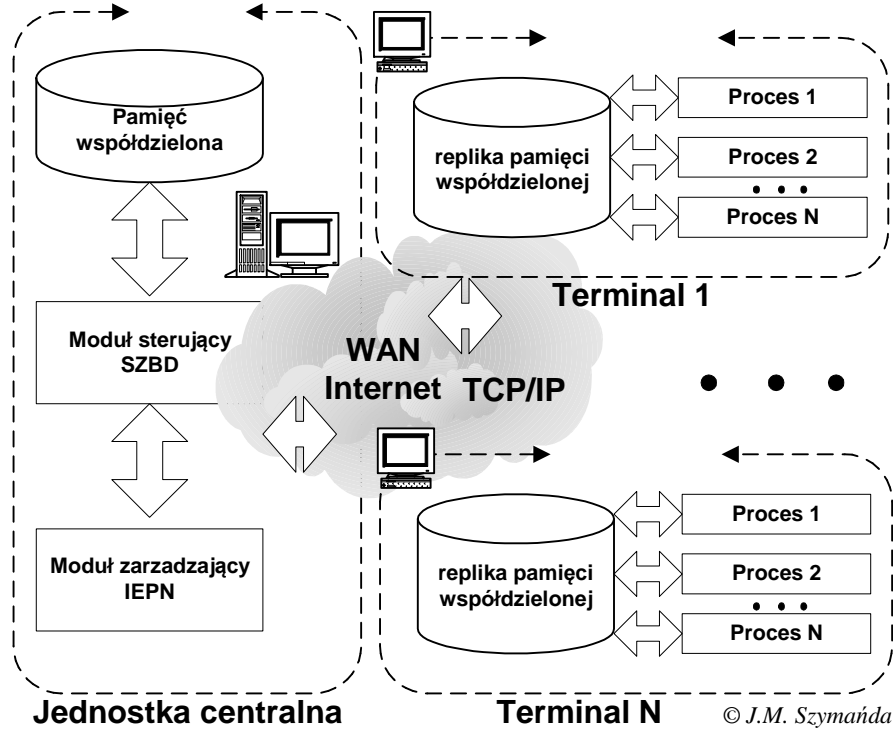
Podczas realizacji pierwszego etapu projektu przyjęto następujące założenia ogólne:

- dostosowanie projektu do ogólnodostępnych systemów dystrybucji informacji przy uwzględnieniu niskich nakładów budżetowych na poziomie lokalnych dostawców (elektrownie wodne, wiatrowe) i odbiorców gminnych oraz powiatowych (urzędy, podstacje ZE, itp.);
- promocja i rozbudowa istniejącej w danej lokalizacji, strukturalnej sieci teleinformatycznej z możliwością dostępu do publicznej sieci Internet (docelowo IPv6);

- komunikacja pomiędzy stacjami (*komputerowymi*) odbywać się będzie z wykorzystaniem protokołów TCP/IP;
- podstawowymi jednostkami funkcjonalnymi systemu będą procesy (*programy, procedury systemu operacyjnego*) uruchamiane w *dowolnej liczbie kopii*, na każdej stacji komputerowej (*terminalu*); każdy proces jest integralnym węzłem całej struktury przetwarzania rozproszonego;
- centralną jednostką systemu będą stacje komputerowe (*serwery aplikacyjne*) z zainstalowanym na nich współdzielonym obszarem pamięci operacyjnej, do którego mają dostęp wszystkie procesy; posiadająca system zarządzania tym obszarem pamięci i wymianą informacji pomiędzy procesami (*struktura klastrowa*);
- integralnymi elementami jednostki centralnej będą procedury szybkiej archiwizacji i identyfikacji pakietów, z zastosowaniem najistotniejszych elementów systemu zarządzania bazami danych (SZBD); w pierwszej fazie z wykorzystaniem modelu relacyjnego (docelowo relacyjno-obiektowego)[4];

W szczególności dla procesów określono m.in., że:

- każdy proces będzie realizować ustalony zakres zleceń zależnych od możliwości stacji komputerowej oraz interfejsów wykonawczych (przetworniki A/C, mierniki jakości energii), na której jest uruchomiony; procesy realizujące ten sam zakres zleceń utworzą Typ identyfikowany w nazwie procesu (*katalogowanie procesów*);
 - procesy lokalizowane będą w systemie monitorowania i akwizycji pakietów na podstawie unikalnego formatu identyfikacyjnego zawierającego m. in. adres sieciowy IP, współrzędne lokalizacyjne GPS, typ procesu oraz kolejny numer wywołania (dla algorytmu zstępującego [9]);
 - wymiana informacji pomiędzy procesami odbywać się będzie poprzez współdzielony obszar pamięci jednostki centralnej, pełniącej rolę nadrzędną w stosunku do pozostałych;
 - każdy proces po uruchomieniu będzie „rejestrował się automatycznie”, wprowadzając swój identyfikator do współdzielonego obszaru pamięci; identyfikator stanowi jednoznaczne określenie *węzła przetwarzania rozproszonego*;
 - na każdej stacji komputerowej pierwszy proces będzie mógł być uruchamiany lokalnie (konsola), zdalnie (RPC) i/lub w trybie przerwań systemu operacyjnego *watchdog* (WDG)
 - na każdej stacji komputerowej tylko pierwszy uruchomiony proces będzie pełnił dodatkowo funkcję procesu zarządzającego wymianą informacji z współdzielonym obszarem pamięci (*replikacja obszaru wspólnego*). Pozostałe procesy działające na danej stacji komputerowej będą wykorzystywały lokalną kopię tego obszaru (*optymalizacja przetwarzania*);
 - proces, który jest bezczynny i jeśli nie jest jedynym procesem uruchomionym na danej stacji komputerowej samoczynnie zostanie wyłączony (*optymalizacja obciążenia*);
 - każdy proces będzie mógł przekazać część otrzymanego zlecenia innemu procesowi tego samego Typu (*optymalizacja przetwarzania*), lub jeśli sam „nie potrafi” wykonać zlecenia – zdefiniowanemu wcześniej procesowi innego Typu;
- Poglądowy diagram przepływu danych został przedstawiony na Rys.2

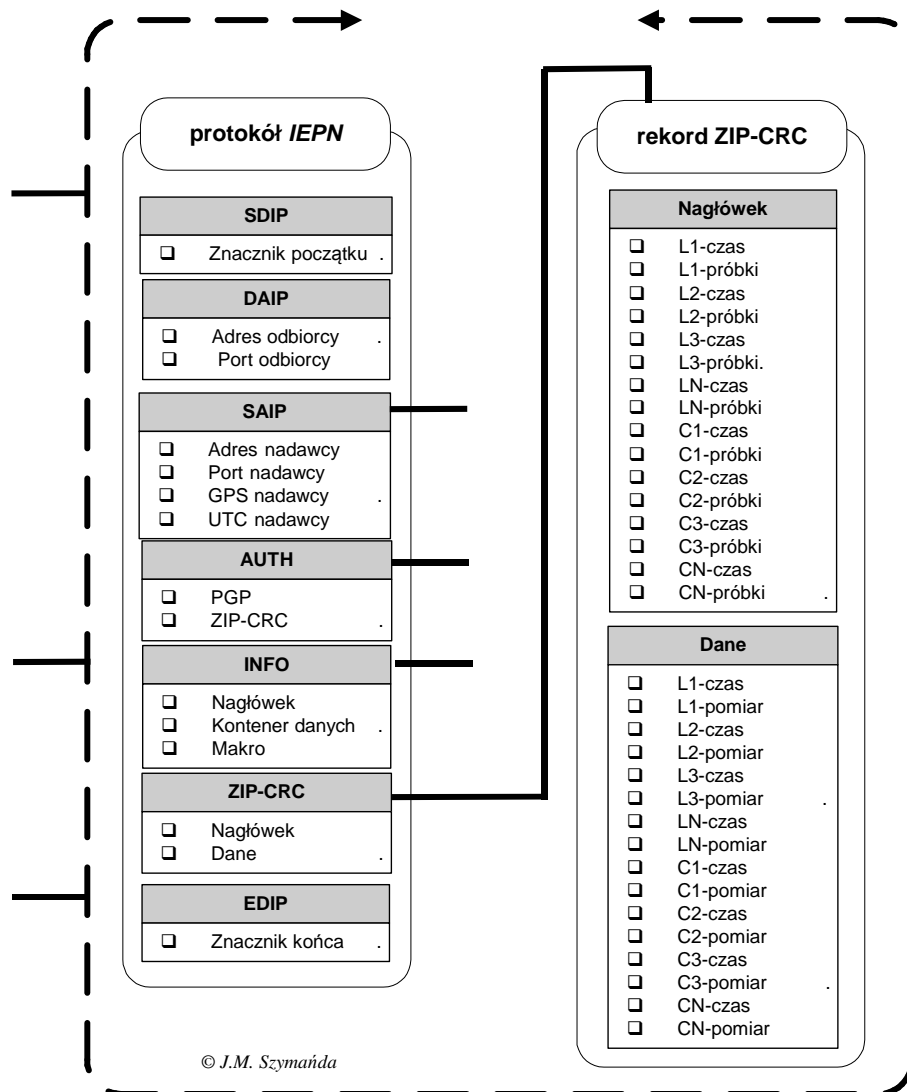


Rys.2. Poglądowy diagram przepływu danych pomiędzy procesami i jednostką centralną

W projekcie założono także możliwość definiowania parametrów globalnych oraz indywidualnych określających strategię wymiany informacji oraz powoływania i zwalniania procesów przetwarzających. Równolegle z realizacją struktury komunikacji i przetwarzania rozproszonego, podjęto działania integrujące monitorowanie z akwizycją danych wykorzystując rozwiązania z systemów relacyjnych baz danych [4]. Szczególną uwagę zwrócono na elementy autoryzacji dostępu i weryfikacji procesów wielobieżnych. W pierwszym wariantcie dla funkcjonalności procesów klienta (*terminale*) wprowadzono kodowanie danych poprzez ich kompresję w formacie ZIP z kluczem dostępu uprawnionego i zarejestrowanego w bazie danych (*archiwum*) użytkownika (*lokalizacja terminalu*). Po przesłaniu danych do jednostki centralnej (*strona serwera*) w pierwszej kolejności sprawdzane jest uprawnienie (*klucz dostępu*) do rejestracji danych w systemie i po pozytywnej weryfikacji, poprawność sumy kontrolnej CRC32. Ponowna pozytywna weryfikacja skutkuje odesłaniem do procesu klienta potwierdzenia przyjęcia danych. W przypadku braku otrzymania potwierdzenia w określonym czasie (*parametr systemu*), proces klienta powtarza przesłanie pakietu lub odrzuca realizację zadania (*parametr systemu*). Przedstawiony wariant jest aktualnie wykorzystywany podczas testów symulacyjnych. Zagadnienie zapewnienia bezpieczeństwa teletransmisji w proponowanym modelu będzie przedmiotem dalszych etapów realizacji projektu.

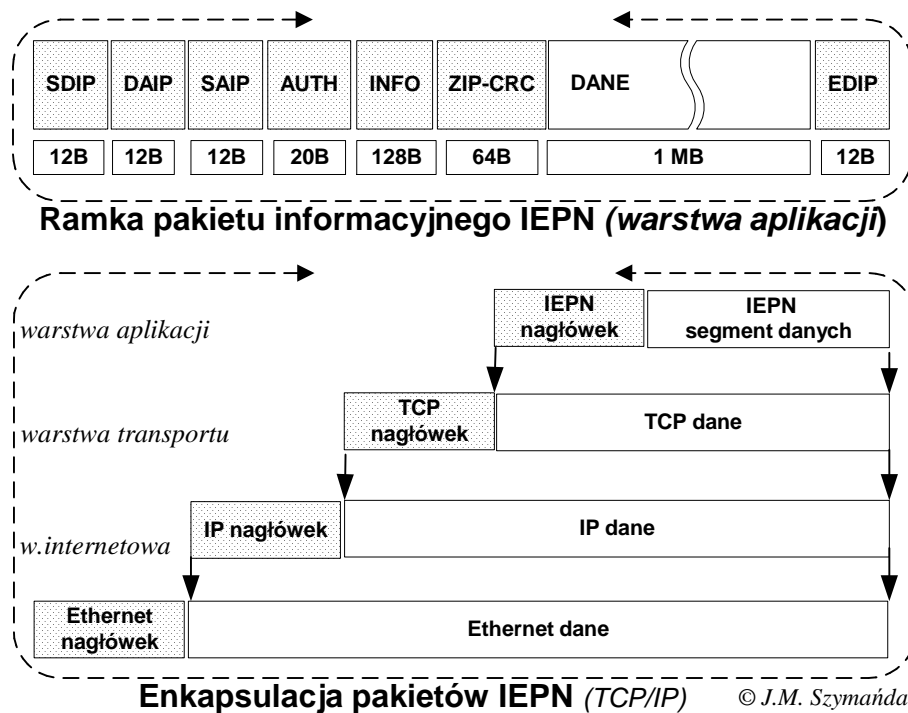
2.2 Integracja danych

Obecnie na rynku znanych jest wiele rozwiązań koncentrujących się na świadczeniu usług informacyjnych i doradczych z zakresu wykorzystania odnawialnych źródeł energii oraz energooszczędności. Realizowane projekty najczęściej mają na celu promocję „czystej energii” oraz zobrazowanie niezwykle istotnego związku pomiędzy odnawialnymi źródłami energii a ochroną środowiska. W artykule prezentowana jest propozycja mająca wspomagać zarządzanie elementami wytwarzania i dystrybucji energii elektrycznej, w szczególności kontroli jakości energii dostarczanej do odbiorców końcowych. Pierwszy etap projektu w ramach prac podstawowych obejmuje elementy systemu w kontekście archiwizacji i szybkiej identyfikacji sygnałów elektrycznych. Badania mają dać odpowiedź na pytanie o możliwość identyfikacji stanu i jakości energii na podstawie aglomeracji bardzo dużej liczby pakietów informacyjnych. W zamyśle projektu, pakiet informacyjny to integracja parametrów technicznych, logistycznych oraz *prawnych*, uwzględniających potrzebę zachowania odpowiedniej jakości energii w odniesieniu między innymi do zawartych umów np. na dostawę energii elektrycznej. Propozycja przyjęcia dodatkowego standardu jednoznacznie identyfikującego *zdarzenie* w sieciach energetycznych umożliwi wprowadzenie docelowego pojęcia *protokołu informacyjnego* w energetyce; oznaczanego w dalszej części artykułu jako IEPN (*Identification of Events in the Power Networks, Identyfikacja Zdarzeń w Sieciach Energetycznych*). Podczas opracowywania ogólnych założeń protokołu informacyjnego IEPN, przyjęto formułę otwartej architektury umożliwiającej jego modyfikowanie bez utraty wstecznej kompatybilności. Podejście takie jest zgodne z najnowszymi koncepcjami organizacji przepływu danych i teorii informacji [4]. Serwery i terminale komputerowe wykorzystujące możliwość wymiany informacji za pośrednictwem sieci strukturalnych, często stanowią element większego systemu na potrzeby realizacji zadań w czasie rzeczywistym (np. układy klastrowe)[3,5,6]. W zakresie realizacji modelu przepływu informacji przyjęto w projekcie system przetwarzania rozproszonego bazującego na interakcyjnym współdziałaniu aplikacji według schematu funkcjonalności komponentów typu *klient-serwer*. Wprowadzono elementy algorytmu zstępującego TDA (*Top-Down Algorithm*) [9]. Zadaniem algorytmu zstępującego jest przeglądanie *problemu* zadanego w postaci *drzewa*. Każdy problem może się składać z określonej ilości *podproblemów*, po skompletowaniu których, możliwe jest oznaczenie go jako rozwiązanego. Na ogół przeglądanie drzewa ma na celu odszukanie węzłów (*podproblemów*), które nie wykazują między sobą zależności i tym samym mogą być wykonywane równorzędnie na różnych jednostkach przetwarzających (np. procesorach). Tak wcześniej przygotowane listy wzajemnych uwarunkowań mogą również w przyszłości ułatwiać zaprogramowanie algorytmu adaptacyjnego, który w zależności od warunków wykonania będzie „decydował”, które zadanie zrealizować jako kolejne, które powtórzyć i w jaki sposób złożyć finalne rozwiązanie problemu. Podstawą uruchomienia projektu były i są możliwości coraz bardziej zaawansowanej technologii systemów komunikacyjnych, w tym sieci teleinformatycznych opartych na rozbudowanych definicjach protokołów. Ogólny diagram proponowanego protokołu informacyjnego IEPN przedstawiono na Rys.3. Protokół informacyjny IEPN w 7 warstwowym modelu ISO/OSI należy do najwyższej siódmej *warstwy aplikacji*. Przykład enkapsulacji IEPN w wariacie 4-warstwowego *modelu internetowego* (TCP/IP) przedstawiono na Rys.4.



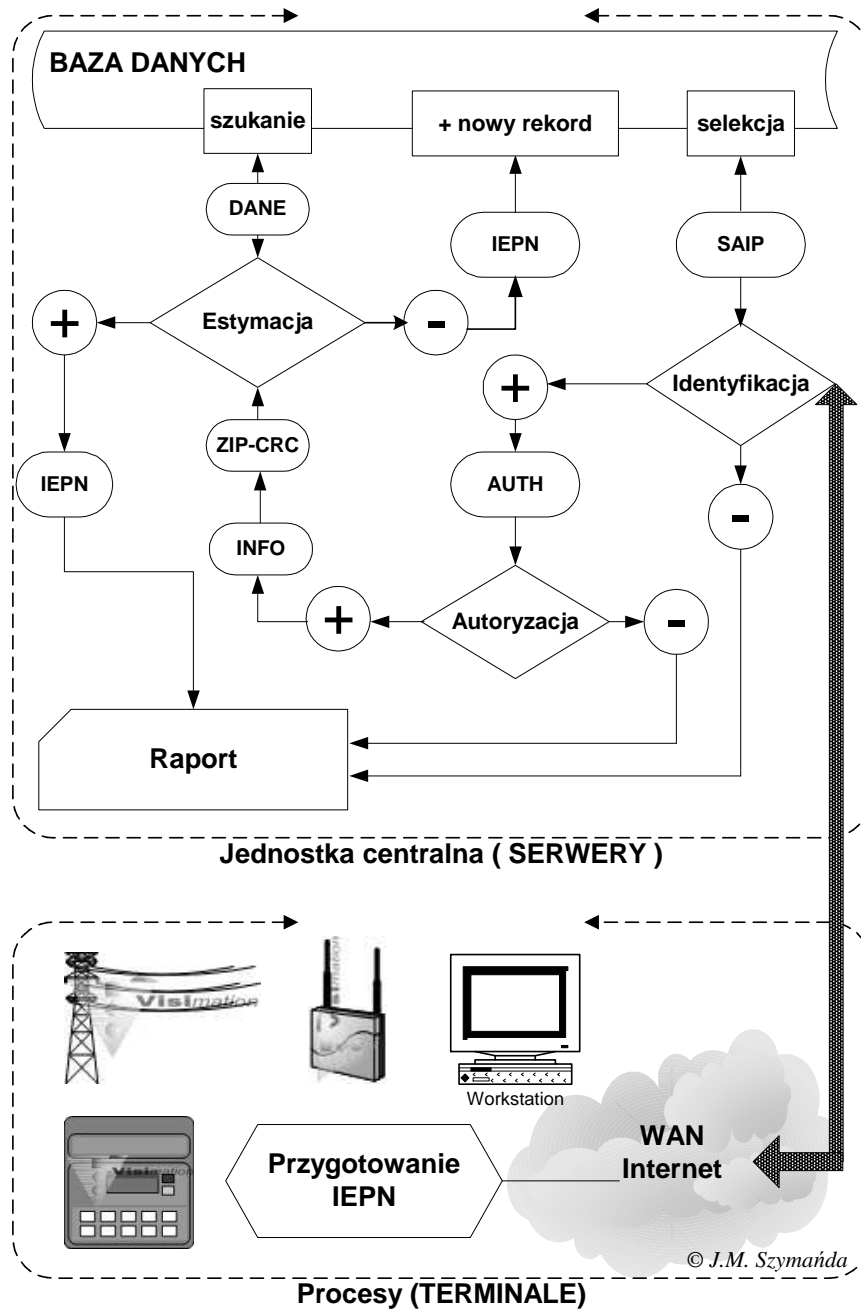
Rys.3. Diagram protokołu informacyjnego IEPN

W strukturze protokołu IEPN można wyróżnić rekordy związane m.in. lokalizacją systemu monitorującego (SAIP), autoryzacją dostępu do danych (AUTH) oraz rejestracją próbek sygnałów badanego obiektu (ZIP-CRC). W standardowym profilu założono kontrolę trójfazowych linii napięciowych (L1, L2, L3), trójfazowych torów prądowych (C1, C2, C3) oraz toru neutralnego (zerowego, CN). Zestaw rekordów ZIP-CRC może być



Rys.4. Enkapsulacja pakietów informacyjnych IEPN

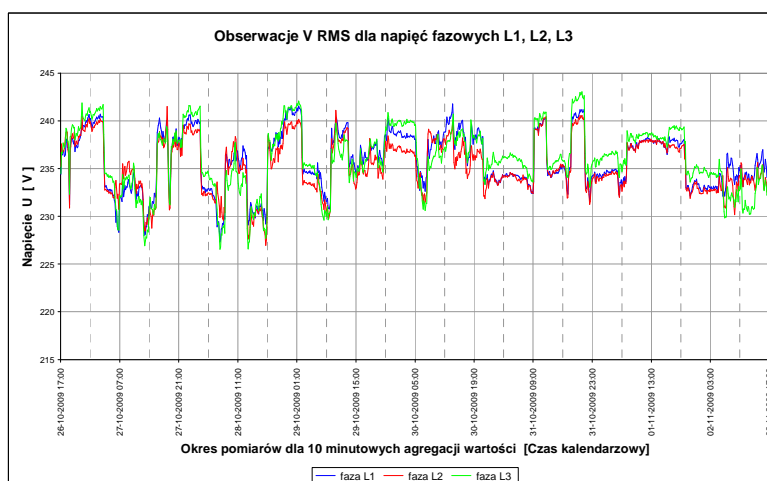
dowolnie modyfikowany i uzupełniany. Właściwa interpretacja układu rekordów ZIP-CRC dla danej lokalizacji określana jest w rekordach INFO. Rozwiązanie to ułatwia zachowanie kompatybilności pomiędzy np. urządzeniami pomiarowymi a aplikacjami analizującymi zarejestrowane przebiegi. W procesie przygotowywania pakietu IEPN, wszystkie rekordy ZIP-CRC są kompresowane z weryfikacją bajtowej sumy kontrolnej. Poglądowy schemat przepływu i identyfikacji danych przedstawiono na Rys.5. W zależności o lokalnych warunków i lokalizacji obiektów objętych kontrolą, przygotowywanie pakietu realizowane jest albo w odosobnionym węźle telemetrycznym, albo w podsieci węzłów z zachowaniem pełnej synchronizacji i kolejkowania zadań. Zgodnie z założeniami podstawowymi projektu, formowanie każdego pakietu może być sterowane zarówno według określonego harmonogramu jak i aktywowane zdarzeniami losowymi (przebiecia, zapady, wyłączenia itp.). Przygotowane pakiety przesyłane są do systemu odbiorczego, dekodowane, a następnie analizowane i archiwizowane w systemie bazodanowym. Ze względu na założoną bardzo dużą liczbę pakietów IEPN (w milionach rekordów), rejestracja ograniczana jest do danych, które nie zostaną zidentyfikowane (*kryteria estymacyjne*) w bieżącym archiwum. Aktualnie *kryteria estymacyjne* są przedmiotem dalszych badań optymalizacyjnych i zostaną opublikowane po zakończeniu prac [10].



Rys.5. Uproszczony schemat przepływu i identyfikacji danych

3. AGLOMERACJA PAKIETÓW INFORMACYJNYCH „IEPN”

W celu uzyskania odpowiedzi na postawione pytanie w ramach pierwszego etapu badań o możliwość identyfikacji stanu i jakości energii na podstawie aglomeracji bardzo dużej liczby pakietów informacyjnych przeprowadzono szereg testów symulacyjnych. W scenariuszu algorytmu symulacyjnego uwzględniono najistotniejsze elementy założeń projektowych wymienionych w punkcie 2 artykułu. W szczególności opracowano komponenty jednostki centralnej – 32 bitowe aplikacje (Windows): serwera przyjmującego, kolejującego oraz przetwarzającego pakiety informacyjne IEPN; serwera zarządzającego podsystemem identyfikacji oraz archiwizacji danych. W zakresie przygotowywania pakietów (strona klienta) – 32 bitowe aplikacje (Windows, Linux SUSE): stacje terminalowe pobierające dane z mierników jakości energii elektrycznej (Fluke 465, 1744 i 1760) i/lub symulatorów danych oraz formujące pakiety informacyjne IEPN. Przykładowe wartości przedstawiono na Rys.6. Programowanie aplikacji zrealizowano m.in. w systemie Embarcadero Technologies, Inc. @ RAD STUDIO 2010.



Rys.6. Tygodniowa obserwacja napięć fazowych V RMS L1, L2, L3 (Fluke 1760)

Analizę skuteczności identyfikacji pakietów przeprowadzono dla równocześnie aktywnych 32 terminali w sieci intranetowej oraz 9 terminali w publicznej sieci Internet. W parametrach konfiguracyjnych systemu ograniczono liczbę możliwych do powołania (tut. uruchomienia przez generator liczb losowych wg rozkładu normalnego dla $s=1$, $m=0$) procesów dla każdego z terminali do zakresu od 1 do 9. W rezultacie do jednostki centralnej mogło być przekazywanych teoretycznie w *tym samym czasie* $(32+9) \times 9 = 369$ pakietów IEPN. W rzeczywistych obserwacjach przekazywanych było średnio ok. 160 pakietów w ciągu 1-minuty. Ponieważ w projekcie szczególny nacisk położono także na zachowanie integralności tworzonego archiwum danych, w przypadku problemów komunikacyjnych przesył pakietów był powtarzany do czasu potwierdzenia ich przyjęcia

(lub odrzucenia dla ustalonego parametru globalnego systemu - klasa *timeout*). Wybrane zdarzenia identyfikacji pakietów IEPN przedstawiono w Tab.1.

Tab.1. 24-godzinna obserwacja identyfikacji pakietów IEPN dla 1- minutowych agregacji

Okres obserwacji 24 h	Liczba przyjętych IEPN	Liczba powtórzeń pakietów IEPN	
		skutecznych	odrzuconych
00.00-05.59	59400	17	1
06.00-11.59	56880	23	3
12.00-17.59	52920	45	11
18.00-23.59	61920	31	5

3. WNIOSKI

W artykule przedstawiono wybrane elementy pierwszego etapu projektu systemu transmisji wykorzystującej dynamiczną strukturę przetwarzania rozproszonego z wykorzystaniem algorytmu zstępującego [9]. Wprowadzono pojęcia określające podstawową funkcjonalność systemu oraz warunki jego realizacji. Zaproponowano integrację monitorowanych danych w zwartej formule pakietów informacyjnych IEPN. Potwierdzono oczekiwany wzrost skuteczności identyfikacji pakietów IEPN dla długoterminowych obserwacji zdarzeń. W kolejnych etapach projektu zaplanowano dalszą optymalizację *kryteriów estymacyjnych* wykorzystywanych w procedurach identyfikacji pakietów, a także rozwijanie systemu aglomeracji danych w kontekście algorytmów zupełnych i heurystycznych [6,7,11].

4. BIBLIOGRAFIA

- [1] Boorstyn, R.R., Frank, H.: *Large-Scale Network Topological Optimization*: IEEE Trans.Commun.: Vol. COM-25: 1977: s.29-47.
- [2] Comer, D. E., Stevens, D. L.: *Sieci komputerowe TCP/IP 2 – Projektowanie i realizacja protokołów*: WNT: Warszawa 1997
- [3] Comer, D. E., Stevens, D. L.: *Sieci komputerowe TCP/IP 3 – Programowanie w trybie klient-serwer*: WNT: Warszawa 1997
- [4] Date, C.J.: *Wprowadzenie do systemów baz danych*: WNT 2000
- [5] Freeman, R.L.: *Practical Data Communications*: John Wiley & Sons: New York 1995
- [6] Gavish, B.: *Topological Design of Centralized Computer Networks- Formulations and Algorithms*: Networks: Vol 12: 1982: s.355-377
- [7] Gerla M., Kleinrock L.: *On the Topological Design of Distributed Computer Networks*: IEEE Trans.Commun.:Vol.COM-25:1977: s.48-60
- [8] Kasprzak A.: *Rozległe sieci komputerowe*: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej: Wrocław 1997
- [9] Szymańda, J.M., Noszczyński, M.: *Modelowanie procedur przetwarzania rozproszonego w sieciach informatycznych laboratoriów dydaktycznych*: XIII ZKwE'08 Poznań: 2008: s. 313-314.
- [10] Szymańda, J.M.: *Kryteria estymacyjne identyfikacji pakietów IEPN*: Wrocław: Politechnika Wroclawska, Raport z Serii PRE (w przygotowaniu)
- [11] Zabłudowski, A.: *Algorytmy optymalizacji struktur topologicznych sieci*: Bydgoszcz: Wydawnictwo ATR 1982