

<p>Projekt</p> <p><b>Systemy odporne na błędy</b></p> <p>Wydział Elektrotechniki Automatyki i Informatyki</p> <p>Politechnika Świętokrzyska</p>	
Studia: <b>Stacjonarne II stopnia</b>	Kierunek: <b>Informatyka</b>
Grupa: <b>2ID22B</b>	<p>Skład zespołu:</p> <p><b>1. Odzimek Tomasz</b></p> <p><b>2. Woźniak Tomasz</b></p> <p><b>3. Wychowski Norbert</b></p>
<p>Temat projektu:</p> <p><b>Spójność ostateczna: anty-entropia</b></p>	

## 1. WSTĘP

Celem projektu była implementacja symulatora rozproszonego systemu składającego się z 11 serwerów. Zgodnie z wybranym tematem, zaprojektowany symulator korzysta z protokołu spójności ostatecznej, w wariacie anty-entropii. Projekt zaimplementowano w języku C# korzystając z protokołu komunikacji WCF. Pracę zespołową umożliwił system kontroli wersji Git.

W rozdziale drugim opisano założenia projektowe oraz przedstawiono najważniejsze funkcje programu, które bezpośrednio odnoszą się do założeń. Część rozdziału poświęcono na ogólny opis protokołu spójności ostatecznej (anty-entropii) oraz na opis architektury WCF.

Rozdział trzeci poświęcono opisowi struktury projektowej oraz przedstawiono wykorzystane środowiska projektowe.

W czwartym rozdziale opisano interfejs użytkownika, który w wygodny sposób pozwala na zarządzanie stanem serwerów i połączeń pomiędzy nimi.

Piąty rozdział zawiera wiele testów aplikacji, które obrazują sposób działania aplikacji. Testy obejmują m.in. takie sytuacje jak awarie (wyłączenia) jednego i wielu serwerów, podział serwerów na grupy oraz awarie (wyłączenia) połączeń między serwerami.

W szóstym rozdziale zamieszczono wnioski, które podsumowują cały projekt oraz obejmują ocenę użytego protokołu pod względem odporności na błędy.

## **2. ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE ORAZ PROTOKÓŁ SPÓJNOŚCI**

W rozdziale opisano założenia projektowe oraz sposób ich realizacji w stworzonej aplikacji. Jeden z podrozdziałów poświęcono opisowi protokołu spójności ostatecznej w wariancie anty-entropii.

### **2.1. Spójność ostateczna: model anty-entropii**

Spójność ostateczna jest protokołem, który cechuje systemy tolerujące dość duży stopień niespójności danych. W tym modelu spójności gwarantuje się jedynie ostateczną spójność poszczególnych kopii danych i to w sytuacji, gdy nie są już zgłaszane nowe modyfikacje. Ostatecznie, czyli w zasadzie nie można określić kiedy dokładnie – musi upłynąć dostatecznie dużo czasu na rozpropagowanie wszystkich modyfikacji do wszystkich serwerów.

Konkretnie w modelu anty-entropii każdy serwer wybiera losowo inny serwer, aby wymienić się z nim uaktualnieniami. Istnieją trzy metody wymiany uaktualnień:

- serwer A tylko wysyła własne uaktualnienia do serwera B,
- serwer A tylko pobiera nowe uaktualnienia z serwera B,
- serwery A i B wysyłają sobie nawzajem uaktualnienia.

W projekcie zaimplementowano opcję trzecią.

### **2.2. Architektura WCF**

Projekt korzysta z protokołu komunikacji Windows Communication Foundation. WCF jest oparty na koncepcji komunikacji opartej na komunikatach, a wszystkie elementy, które mogą być modelowane jako wiadomości (np. żądania HTTP).

Model odróżnia klientów, czyli aplikacje inicjujące komunikację i usługi, które są aplikacjami, które z kolei oczekują na komunikowanie się z nimi i odpowiadają na tę komunikację. Pojedyncza aplikacja może działać zarówno jako klient, jak i usługa.

Komunikaty są wysyłane między punktami końcowymi. Punkty końcowe to miejsca, w których komunikaty są wysyłane lub odbierane (lub oba), a także definiują wszystkie informacje wymagane do wymiany komunikatów. Usługa udostępnia jeden lub więcej punktów końcowych aplikacji (a także zero lub więcej punktów końcowych infrastruktury), a klient generuje punkt końcowy, który jest zgodny z jednym z punktów końcowych usługi.

Punkt końcowy opisuje sposób w jaki wiadomości powinny być wysyłane i jak powinny wyglądać komunikaty.

### 2.3. Ogólna zasada działania zaprojektowanego symulatora systemu rozproszonego

Główna aplikacja tworzy 11 hostów serwisu (zgodnie z tematem należało tworzyć właśnie 11 serwerów). Następnie każdy serwis tworzy połączenia „każdy z każdym” (połączenia można wyłączać i włączać). Wszystkie serwisy przechowują listę połączonych serwerów oraz listę kanałów komunikacji. Symulowane serwery są tak naprawdę klientami hostowanych serwisów. Spójność ostateczna w wariacie anty-entropii jest spełniona poprzez odbywające się co 2 sekundy losowanie serwera, z którym zostaną wymienione dane. Taki wylosowany serwer po odebraniu danych zapisuje te informacje, których identyfikatora brakowało w jego zestawie danych. Następnie odsyła te dane, które już posiadał, a których nie było w zapytaniu uaktualniającym (czyli *de facto* odsyła te, których serwer inicjujący synchronizację nie posiadał). Odesłane dane są zapisywane - te których serwer inicjujący nie posiadał.

Każdy serwer cechują takie informacje jak port, liczba przechowywanych danych, lista danych, stan serwera (włączony lub wyłączony) oraz lista połączonych serwerów.

Synchronizowanym obiektem jest „osoba”. Przechowywany jest identyfikator oraz imię.

### 2.4. Założenia projektowe i sposób ich realizacji

Podstawowym założeniem projektowym, które zostało spełnione, było wykorzystanie protokołu spójności ostatecznej w wariacie anty-entropii. Zgodnie z tematem, symulator systemu rozproszonego oferuje możliwość synchronizacji danych między jedenastoma serwerami.

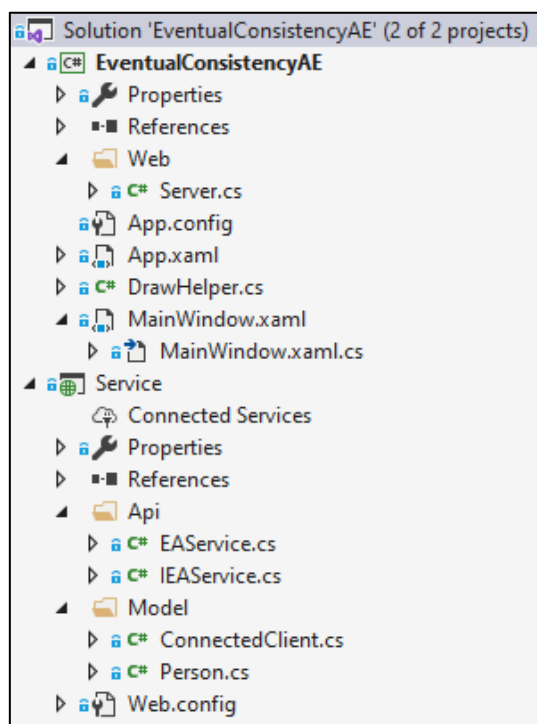
Graficzny interfejs użytkownika został wykonany za pomocą WPF i zawiera wszystkie wymagane funkcjonalności. Poszczególne elementy interfejsu zostały opisane w rozdziale czwartym. Główne możliwości zaprojektowanego interfejsu (a zarazem całego symulatora systemu rozproszonego):

- wizualizacja stanu systemu (stan poszczególnych serwerów i połączeń między nimi),
- inicjalizacja pracy systemu (włączenie serwerów, utworzenie domyślnej struktury)
- możliwość wprowadzania zmian w strukturze systemu (zmiany stanu połączeń, włączanie i wyłączanie serwerów),
- podgląd synchronizowanych danych (który serwer ma dane aktualne, a który nie),
- dodawanie nowych osób do symulowanego systemu.

### 3. STRUKTURA PROJEKTU I ŚRODOWISKO PROJEKTOWE

Projekt wykonano korzystając z środowisk projektowych umożliwiających pracę w .NET, w języku C# korzystając z takich technologii jak WCF czy WPF. Konkretnie użyto środowisk Visual Studio 2019 oraz IntelliJ Rider, zależnie od indywidualnych upodobań konkretnego członka zespołu projektowego.

Rysunek 3.1 przedstawia strukturę solucji projektowej ze środowiska Visual Studio. Widoczne są dwa projekty. Pierwszy, *EventualConsistencyAE*, jest głównym projektem aplikacji WPF. Drugi, *Service*, jest projektem serwisu do komunikacji WCF.



**Rys. 3.1.** Struktura solucji projektowej.

W projekcie *EventualConsistencyAE* można wyróżnić i scharakteryzować następujące kluczowe elementy:

- klasa *Server* (*Server.cs*) – klasa serwera. Przechowuje takie informacje jak serwis, z którym skojarzony jest serwer, port oraz aktualny stan serwera. Metody w klasie korzystają z metod udostępnianych przez serwis WCF i pozwalają na wykonywanie m.in. takich operacji jak inicjalizacja serwera oraz start i zakończenie pracy serwera,
- klasa *DrawHelper* (*DrawHelper.cs*) – klasa zawierająca narzędzia wykorzystywane podczas wizualizacji stanu sieci. Sieć rysowana jest w przestrzeni *Canvas* za pomocą kształtów oraz krzywych Beziera,

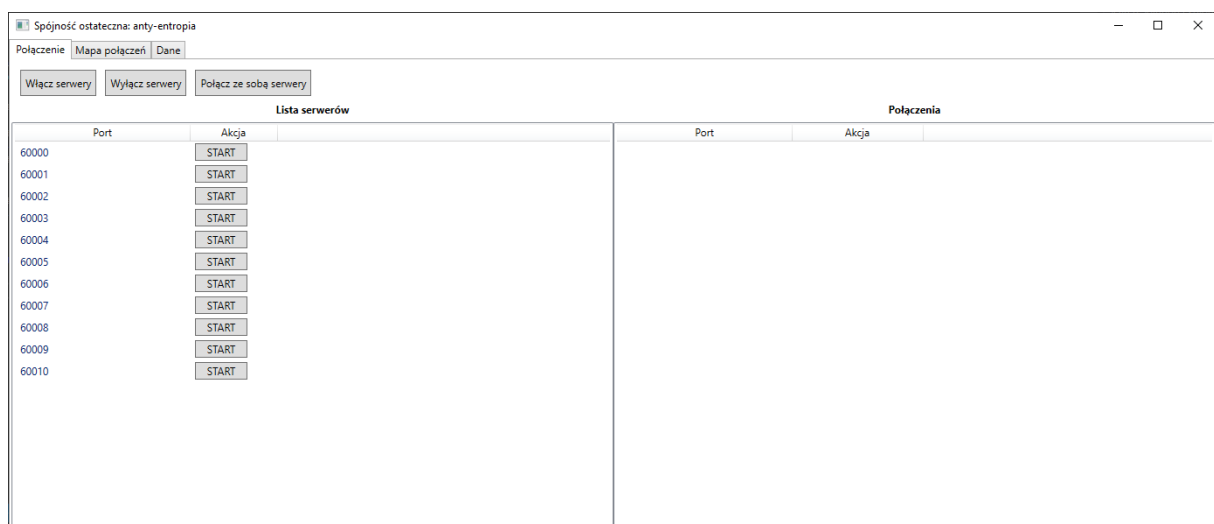
- definicja siatki interfejsu *MainWindow* (*MainWindow.xaml*) – zdefiniowany w języku XAML interfejs użytkownika,
- klasa *MainWindow* (*MainWindow.xaml.cs*) – klasa aplikacji symulatora. Inicjalizuje komponent okna aplikacji, zawiera wiele definicji wydarzeń (eventów) – m.in. kliknięcie przycisku uruchomienia serwera (serwerów), kliknięcie serwera celem uzyskania podglądu jego połączeń, zamknięcie komunikacji.

Z kolei w projekcie *Service* wyróżnia się następujące elementy:

- klasa *EAService* (*EAService.cs*) – klasa implementująca interfejs *IEAService*. Zawiera implementację metod, które są udostępniane przez serwis. Są to m.in. metody odpowiedzialne za dodawanie osób do synchronizowanej kolekcji oraz za łączenie i rozłączanie z klientami serwisu,
- interfejs *IEAService* (*IEAService.cs*) – interfejs serwisu WCF. Implementowany w klasie *EAService*,
- klasa *ConnectedClient* (*ConnectedClient.cs*) – model obiektu podłączonego do serwisu klienta,
- klasa *Person* (*Person.cs*) – model osoby dodawanej na serwery.

## 4. INTERFEJS UŻYTKOWNIKA

W rozdziale opisano krok po kroku wszystkie elementy graficznego interfejsu użytkownika. Rysunek 4.1 przedstawia główne okno programu przed wykonaniem jakichkolwiek czynności.



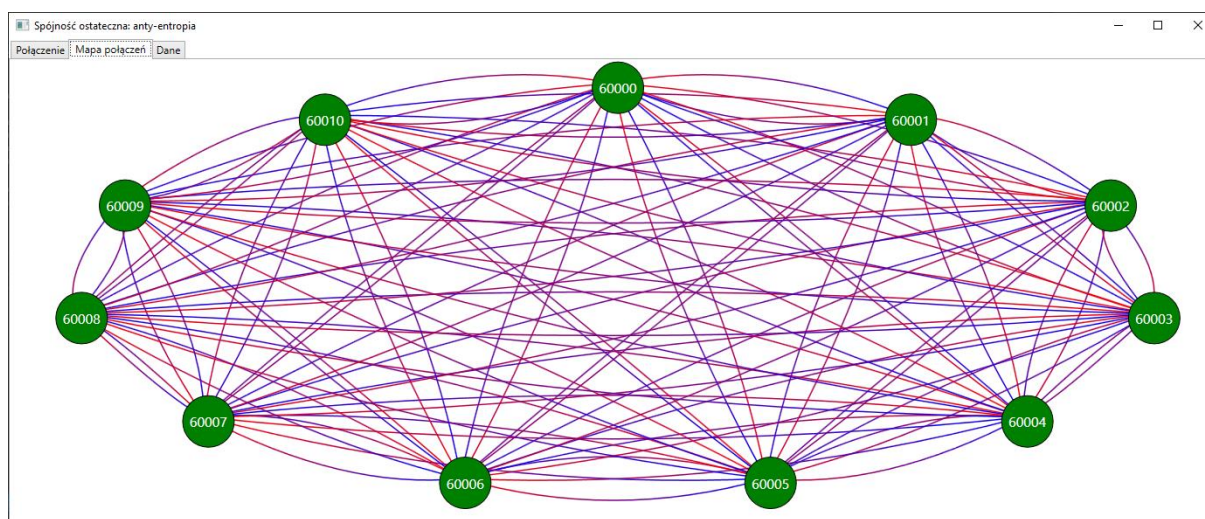
**Rys. 4.1.** Główne okno aplikacji projektowej.

Interfejs został podzielony na trzy zakładki: Połączenie, Mapa połączeń oraz Dane. W pierwszej zakładce użytkownik może m.in. włączyć wszystkie serwery, wyłączyć wszystkie serwery, włączyć lub wyłączyć pojedynczy serwer. Istnieje możliwość utworzenia połączeń „każdy do każdego”. Po kliknięciu w konkretny serwer (włączony) po prawej stronie ukazuje się lista powiązań z innymi serwerami. Rysunek 4.2 przedstawia właśnie taką sytuację.

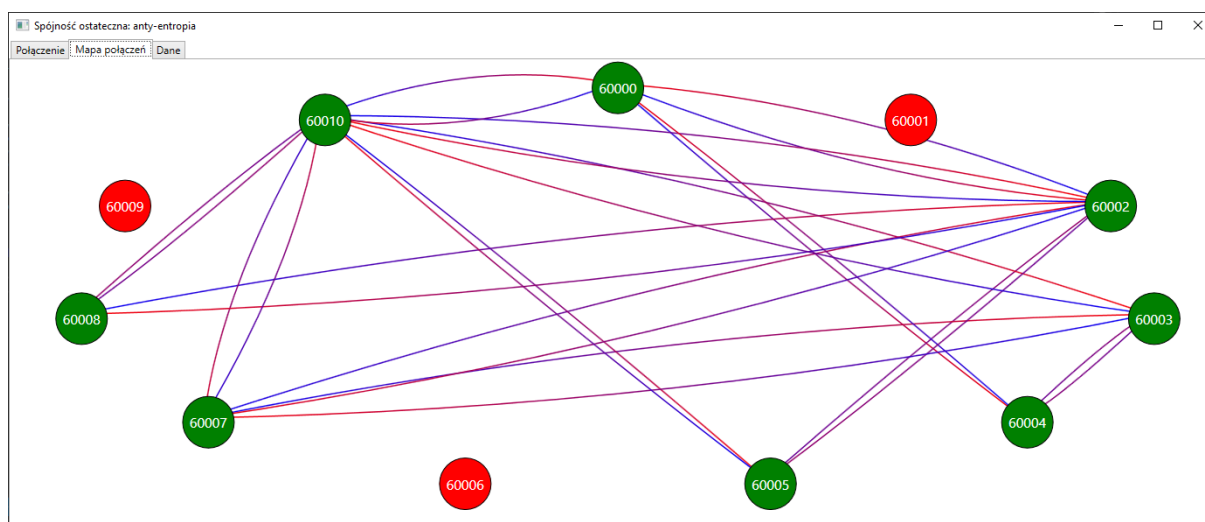
Lista serwerów		Połączenia	
Port	Akcja	Port	Akcja
60000	STOP	60000	Zamknij połączenie
60001	STOP	60001	Zamknij połączenie
60002	STOP	60002	Zamknij połączenie
60003	STOP	60003	Zamknij połączenie
60004	STOP	60004	Zamknij połączenie
60005	STOP	60005	Zamknij połączenie
60006	STOP	60007	Zamknij połączenie
60007	STOP	60008	Zamknij połączenie
60008	STOP	60009	Zamknij połączenie
60009	STOP	60010	Zamknij połączenie
60010	STOP		

**Rys. 4.2.** Podgląd połączeń konkretnego serwera.

W drugiej zakładce wizualizowany jest aktualny stan systemu. Włączony serwer przyjmuje kolor zielony, wyłączony kolor czerwony. Połączenia pomiędzy serwerami rysowane są parami korzystając w czerwono-niebieskiego gradientu we celu odróżnienia połączeń wchodzących i wychodzących. Rysunek 4.3 przedstawia stan domyślny – każdy serwer połączony jest z wszystkimi innymi. Rysunek 4.4 obrazuje stan, w którym wyłączono kilka serwerów oraz zmodyfikowano siatkę połączeń między serwerami włączonymi.



**Rys. 4.3.** Domyślny stan systemu – poprawna praca wszystkich serwerów i połączeń.



**Rys. 4.4.** Stan systemu po wyłączeniu kilku serwerów i po zerwaniu niektórych połączeń.

W zakładce Dane użytkownik ma możliwość podglądu aktualnego stanu synchronizacji serwerów. Z tego miejsca użytkownik dodane nowe osoby, które zostaną zsynchronizowane w symulowanym systemie. Na rysunku 4.5 przedstawiono stan po uzyskaniu ostatecznej spójności. Zrzuty ekranu wykonano na systemie, w którym pracowały wszystkie serwery połączone metodą „każdy do każdego”.

Spójność ostateczna: anty-entropia											
Połączenie Mapa połączeń Dane											
Dodaj nową osobę											
ID	Imię		Serwer								
					60000						
					DODAJ						
Server 60000	Server 60001	Server 60002	Server 60003	Server 60004	Server 60005	Server 60006	Server 60007	Server 60008	Server 60009	Server 60010	
5 - Aleksander	5 - Aleksander	5 - Aleksander	5 - Aleksander	5 - Aleksander	5 - Aleksander	5 - Aleksander	5 - Aleksander	5 - Aleksander	5 - Aleksander	5 - Aleksander	
10 - Roman	10 - Roman	10 - Roman	10 - Roman	10 - Roman	10 - Roman	10 - Roman	10 - Roman	10 - Roman	10 - Roman	10 - Roman	
123 - Tomek	123 - Tomek	123 - Tomek	123 - Tomek	123 - Tomek	123 - Tomek	123 - Tomek	123 - Tomek	123 - Tomek	123 - Tomek	123 - Tomek	
147 - Julia	147 - Julia	147 - Julia	147 - Julia	147 - Julia	147 - Julia	147 - Julia	147 - Julia	147 - Julia	147 - Julia	147 - Julia	
258 - Gosia	258 - Gosia	258 - Gosia	258 - Gosia	258 - Gosia	258 - Gosia	258 - Gosia	258 - Gosia	258 - Gosia	258 - Gosia	258 - Gosia	
369 - Marek	369 - Marek	369 - Marek	369 - Marek	369 - Marek	369 - Marek	369 - Marek	369 - Marek	369 - Marek	369 - Marek	369 - Marek	
465 - Tomek	465 - Tomek	465 - Tomek	465 - Tomek	465 - Tomek	465 - Tomek	465 - Tomek	465 - Tomek	465 - Tomek	465 - Tomek	465 - Tomek	
789 - Norbert	789 - Norbert	789 - Norbert	789 - Norbert	789 - Norbert	789 - Norbert	789 - Norbert	789 - Norbert	789 - Norbert	789 - Norbert	789 - Norbert	
15125 - Marcin	15125 - Marcin	15125 - Marcin	15125 - Marcin	15125 - Marcin	15125 - Marcin	15125 - Marcin	15125 - Marcin	15125 - Marcin	15125 - Marcin	15125 - Marcin	
99999 - Monika	99999 - Monika	99999 - Monika	99999 - Monika	99999 - Monika	99999 - Monika	99999 - Monika	99999 - Monika	99999 - Monika	99999 - Monika	99999 - Monika	
1010101 - Michał	1010101 - Michał	1010101 - Michał	1010101 - Michał	1010101 - Michał	1010101 - Michał	1010101 - Michał	1010101 - Michał	1010101 - Michał	1010101 - Michał	1010101 - Michał	
6668458 - Agata	6668458 - Agata	6668458 - Agata	6668458 - Agata	6668458 - Agata	6668458 - Agata	6668458 - Agata	6668458 - Agata	6668458 - Agata	6668458 - Agata	6668458 - Agata	
111222589 - Ala	111222589 - Ala	111222589 - Ala	111222589 - Ala	111222589 - Ala	111222589 - Ala	111222589 - Ala	111222589 - Ala	111222589 - Ala	111222589 - Ala	111222589 - Ala	
123456789 - Lucjan	123456789 - Lucjan	123456789 - Lucjan	123456789 - Lucjan	123456789 - Lucjan	123456789 - Lucjan	123456789 - Lucjan	123456789 - Lucjan	123456789 - Lucjan	123456789 - Lucjan	123456789 - Lucjan	

**Rys. 4.5.** Stan systemu po uzyskaniu spójności ostatecznej.

## 5. TESTY APLIKACJI

W rozdziale przedstawiono kilka testów zaprojektowanej aplikacji. Obrazują one niektóre sytuacje, które mogą przytrafić się w rzeczywistym systemie rozproszonym. Testy obejmują m.in. takie sytuacje jak: awaria (wyłączenie) serwera lub serwerów, awaria połączenia lub połączeń, awaria powodująca podział serwerów na niezależne grupy.



## 5.1. Scenariusz I – awaria serwera 60005

### Przebieg scenariusza:

- wprowadzenie do systemu danych trzech osób,
- uzyskanie spójności ostatecznej w 11 serwerach (rysunek 5.1),
- awaria serwera 60005 (rysunek 5.2),
- wprowadzenie do systemu danych dwóch nowych osób,
- uzyskanie spójności danych na 10 serwerach (rysunek 5.3),
- naprawa serwera 60005.

**Oczekiwany rezultat:** pełna synchronizacja danych z serwerem 60005.

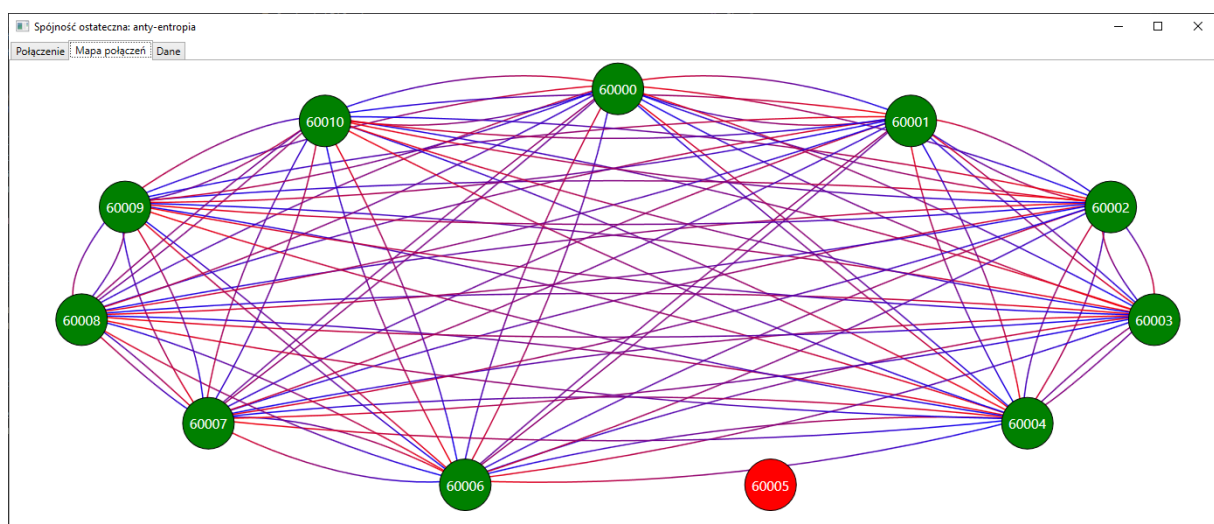
**Uzyskany rezultat:** pełna synchronizacja danych z serwerem 60005 (rysunek 5.4).

ID	Imię	Server
300	Janina	60002

Server 60000	Server 60001	Server 60002	Server 60003	Server 60004	Server 60005	Server 60006	Server 60007	Server 60008	Server 60009	Server 60010
100 - Tomasz	100 - Tomasz	100 - Tomasz	100 - Tomasz	100 - Tomasz	100 - Tomasz	100 - Tomasz	100 - Tomasz	100 - Tomasz	100 - Tomasz	100 - Tomasz
200 - Norbert	200 - Norbert	200 - Norbert	200 - Norbert	200 - Norbert	200 - Norbert	200 - Norbert	200 - Norbert	200 - Norbert	200 - Norbert	200 - Norbert
300 - Janina	300 - Janina	300 - Janina	300 - Janina	300 - Janina	300 - Janina	300 - Janina	300 - Janina	300 - Janina	300 - Janina	300 - Janina

**Rys. 5.1.** Uzyskana spójność danych na 11 serwerach.



**Rys. 5.2.** Wizualizacja awarii serwera 60005.

Spójność ostateczna: anty-entropia

Połączenie | Mapa połączeń | Dane

Dodaj nową osobę

ID: 500 Imię: Marzena Serwer: 60002 DODAJ

Server 60000	Server 60001	Server 60002	Server 60003	Server 60004	Server 60005	Server 60006	Server 60007	Server 60008	Server 60009	Server 60010
100 - Tomasz	100 - Tomasz	100 - Tomasz	100 - Tomasz	100 - Tomasz	100 - Tomasz	100 - Tomasz	100 - Tomasz	100 - Tomasz	100 - Tomasz	100 - Tomasz
200 - Norbert	200 - Norbert	200 - Norbert	200 - Norbert	200 - Norbert	200 - Norbert	200 - Norbert	200 - Norbert	200 - Norbert	200 - Norbert	200 - Norbert
300 - Janina	300 - Janina	300 - Janina	300 - Janina	300 - Janina	300 - Janina	300 - Janina	300 - Janina	300 - Janina	300 - Janina	300 - Janina
400 - Marcin	400 - Marcin	400 - Marcin	400 - Marcin	400 - Marcin	400 - Marcin	400 - Marcin	400 - Marcin	400 - Marcin	400 - Marcin	400 - Marcin
500 - Marzena	500 - Marzena	500 - Marzena	500 - Marzena	500 - Marzena	500 - Marzena	500 - Marzena	500 - Marzena	500 - Marzena	500 - Marzena	500 - Marzena

**Rys. 5.3.** Uzyskana spójność danych na 10 serwerach po dodaniu nowych danych.

Spójność ostateczna: anty-entropia

Połączenie | Mapa połączeń | Dane

Dodaj nową osobę

ID: 500 Imię: Marzena Serwer: 60002 DODAJ

Server 60000	Server 60001	Server 60002	Server 60003	Server 60004	Server 60005	Server 60006	Server 60007	Server 60008	Server 60009	Server 60010
100 - Tomasz	100 - Tomasz	100 - Tomasz	100 - Tomasz	100 - Tomasz	100 - Tomasz	100 - Tomasz	100 - Tomasz	100 - Tomasz	100 - Tomasz	100 - Tomasz
200 - Norbert	200 - Norbert	200 - Norbert	200 - Norbert	200 - Norbert	200 - Norbert	200 - Norbert	200 - Norbert	200 - Norbert	200 - Norbert	200 - Norbert
300 - Janina	300 - Janina	300 - Janina	300 - Janina	300 - Janina	300 - Janina	300 - Janina	300 - Janina	300 - Janina	300 - Janina	300 - Janina
400 - Marcin	400 - Marcin	400 - Marcin	400 - Marcin	400 - Marcin	400 - Marcin	400 - Marcin	400 - Marcin	400 - Marcin	400 - Marcin	400 - Marcin
500 - Marzena	500 - Marzena	500 - Marzena	500 - Marzena	500 - Marzena	500 - Marzena	500 - Marzena	500 - Marzena	500 - Marzena	500 - Marzena	500 - Marzena

**Rys. 5.4.** Uzyskana spójność danych na 11 serwerach  
(po ponownym uruchomieniu serwera 60005).

## 5.2. Scenariusz II – awaria serwerów 60002, 60006, 60008 i 60010

### Przebieg scenariusza:

- wprowadzenie do systemu danych trzech osób,
- uzyskanie spójności ostatecznej w 11 serwerach (rysunek 5.5),
- awaria serwerów 60002, 60006, 60008 i 60010 (rysunek 5.6),
- wprowadzenie do systemu danych dwóch nowych osób,
- uzyskanie spójności danych na 7 serwerach (rysunek 5.7),
- naprawa serwerów 60002 i 60008 (rysunek 5.8),

- uzyskanie spójności danych na 9 serwerach (rysunek 5.9),
- naprawa serwerów 60006 i 60010.

**Oczekiwany rezultat:** pełna synchronizacja danych z naprawionymi serwerami.

**Uzyskany rezultat:** pełna synchronizacja danych z naprawionymi serwerami (rysunek 5.10).

Spójność ostateczna: anty-entropia

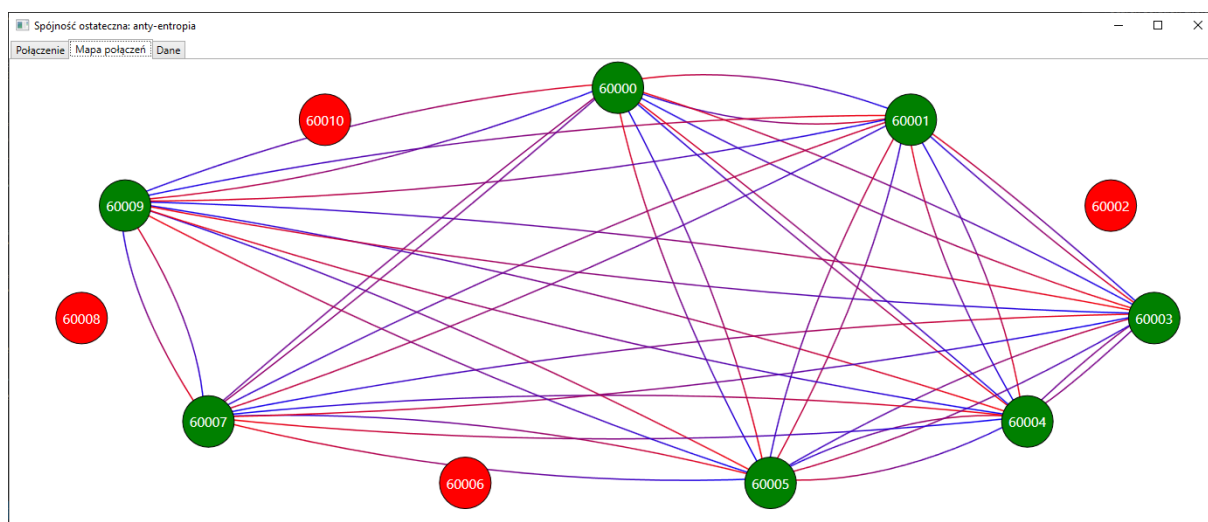
Połączenie | Mapa połączeń | Dane

Dodaj nową osobę

ID: 30 Imię: Michalina Serwer: 60009 DODAJ

Server 60000	Server 60001	Server 60002	Server 60003	Server 60004	Server 60005	Server 60006	Server 60007	Server 60008	Server 60009	Server 60010
10 - Marek	10 - Marek	10 - Marek	10 - Marek	10 - Marek	10 - Marek	10 - Marek	10 - Marek	10 - Marek	10 - Marek	10 - Marek
20 - Roman	20 - Roman	20 - Roman	20 - Roman	20 - Roman	20 - Roman	20 - Roman	20 - Roman	20 - Roman	20 - Roman	20 - Roman
30 - Michalina	30 - Michalina	30 - Michalina	30 - Michalina	30 - Michalina	30 - Michalina	30 - Michalina	30 - Michalina	30 - Michalina	30 - Michalina	30 - Michalina

**Rys. 5.5.** Uzyskana spójność danych na 11 serwerach.



**Rys. 5.6.** Wizualizacja awarii serwerów 60002, 60006, 60008 i 60010.

Spójność ostateczna: anty-entropia

Połączenie Mapa połączeń Dane

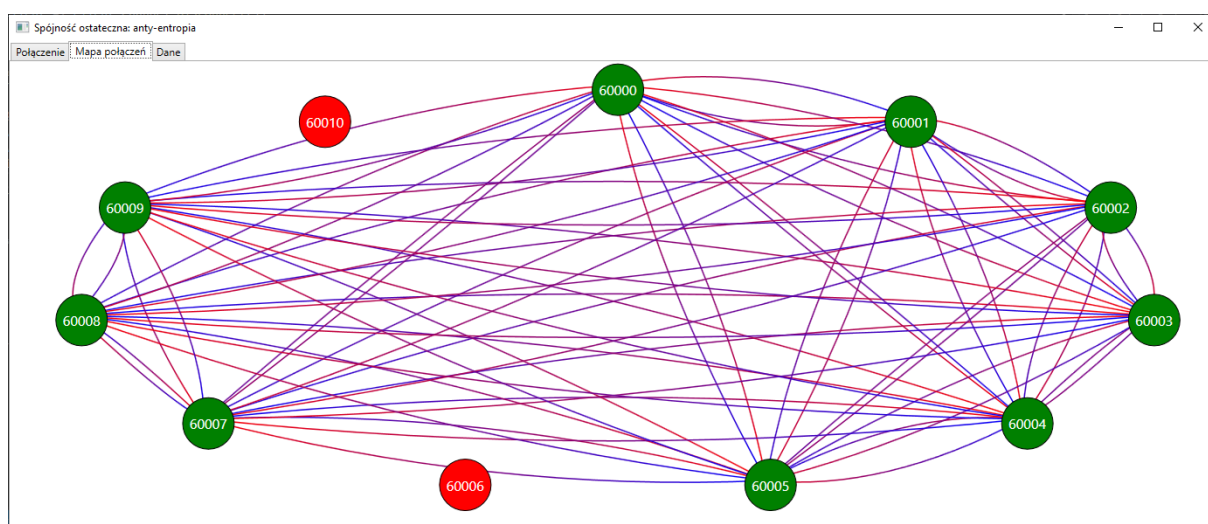
Dodaj nową osobę

ID: 50 Imię: Łucja Serwer: 60009

DODAJ

Server 60000	Server 60001	Server 60002	Server 60003	Server 60004	Server 60005	Server 60006	Server 60007	Server 60008	Server 60009	Server 60010
10 - Marek	10 - Marek	10 - Marek	10 - Marek	10 - Marek	10 - Marek	10 - Marek	10 - Marek	10 - Marek	10 - Marek	10 - Marek
20 - Roman	20 - Roman	20 - Roman	20 - Roman	20 - Roman	20 - Roman	20 - Roman	20 - Roman	20 - Roman	20 - Roman	20 - Roman
30 - Michalina	30 - Michalina	30 - Michalina	30 - Michalina	30 - Michalina	30 - Michalina	30 - Michalina	30 - Michalina	30 - Michalina	30 - Michalina	30 - Michalina
40 - Filip	40 - Filip	40 - Filip	40 - Filip	40 - Filip	40 - Filip	40 - Filip	40 - Filip	40 - Filip	40 - Filip	40 - Filip
50 - Łucja	50 - Łucja	50 - Łucja	50 - Łucja	50 - Łucja	50 - Łucja	50 - Łucja	50 - Łucja	50 - Łucja	50 - Łucja	50 - Łucja

Rys. 5.7. Uzyskana spójność danych na 7 serwerach po dodaniu nowych danych.



Rys. 5.8. Wizualizacja awarii serwerów 60006 i 60010 (po naprawie 60002 i 60008).

Spójność ostateczna: anty-entropia

Połączenie Mapa połączeń Dane

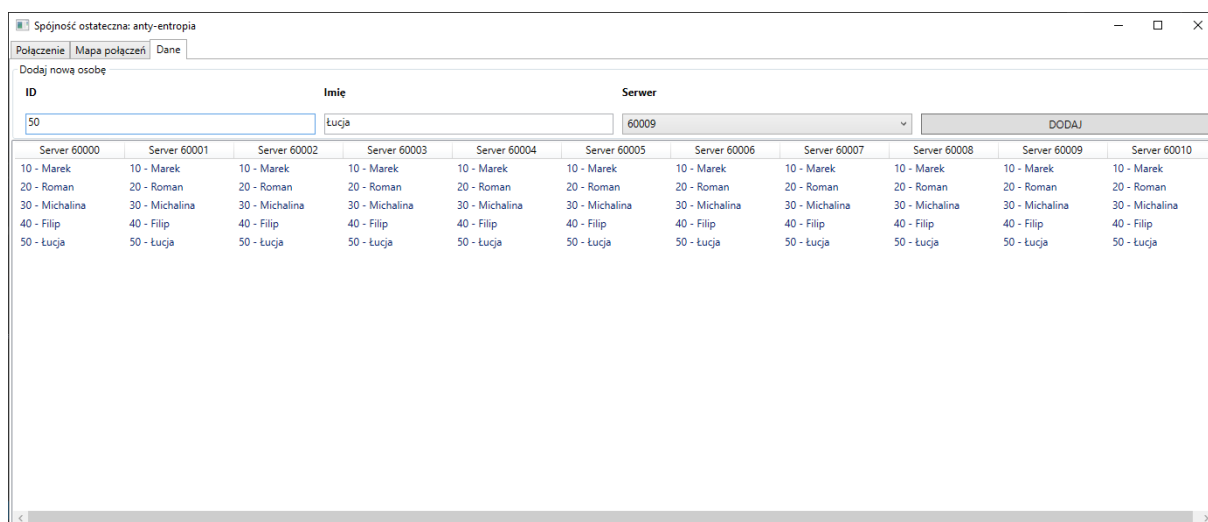
Dodaj nową osobę

ID: 50 Imię: Łucja Serwer: 60009

DODAJ

Server 60000	Server 60001	Server 60002	Server 60003	Server 60004	Server 60005	Server 60006	Server 60007	Server 60008	Server 60009	Server 60010
10 - Marek	10 - Marek	10 - Marek	10 - Marek	10 - Marek	10 - Marek	10 - Marek	10 - Marek	10 - Marek	10 - Marek	10 - Marek
20 - Roman	20 - Roman	20 - Roman	20 - Roman	20 - Roman	20 - Roman	20 - Roman	20 - Roman	20 - Roman	20 - Roman	20 - Roman
30 - Michalina	30 - Michalina	30 - Michalina	30 - Michalina	30 - Michalina	30 - Michalina	30 - Michalina	30 - Michalina	30 - Michalina	30 - Michalina	30 - Michalina
40 - Filip	40 - Filip	40 - Filip	40 - Filip	40 - Filip	40 - Filip	40 - Filip	40 - Filip	40 - Filip	40 - Filip	40 - Filip
50 - Łucja	50 - Łucja	50 - Łucja	50 - Łucja	50 - Łucja	50 - Łucja	50 - Łucja	50 - Łucja	50 - Łucja	50 - Łucja	50 - Łucja

Rys. 5.9. Uzyskana spójność danych na 9 serwerach (po naprawie 60002 i 60008).



**Rys. 5.10.** Uzyskana spójność danych na 11 serwerach  
(po naprawie wszystkich niedziałających serwerów).

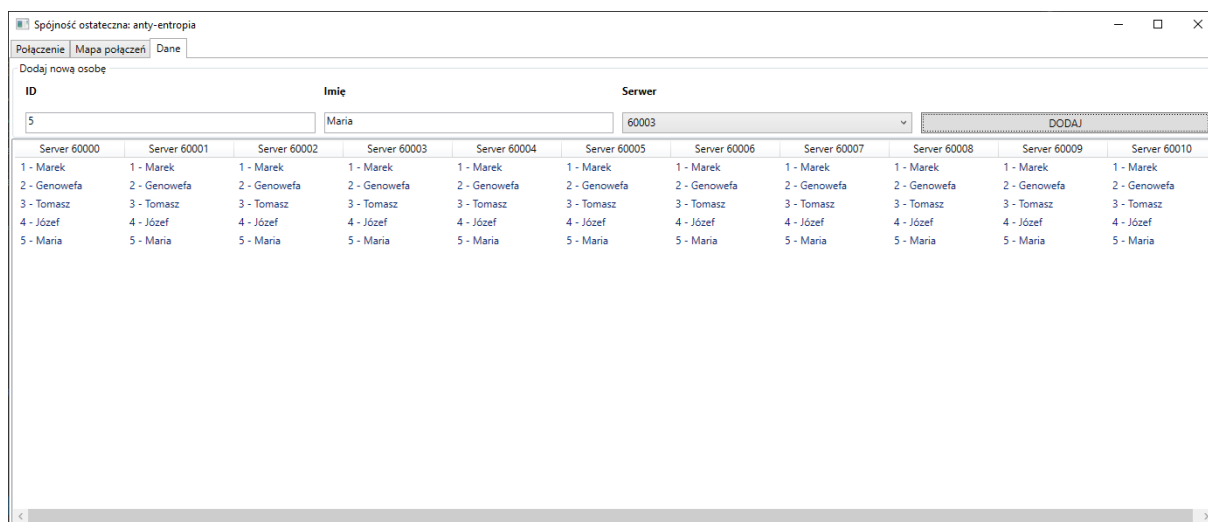
### 5.3. Scenariusz III – awaria wszystkich serwerów z wyjątkiem 60003 i 60009

#### Przebieg scenariusza:

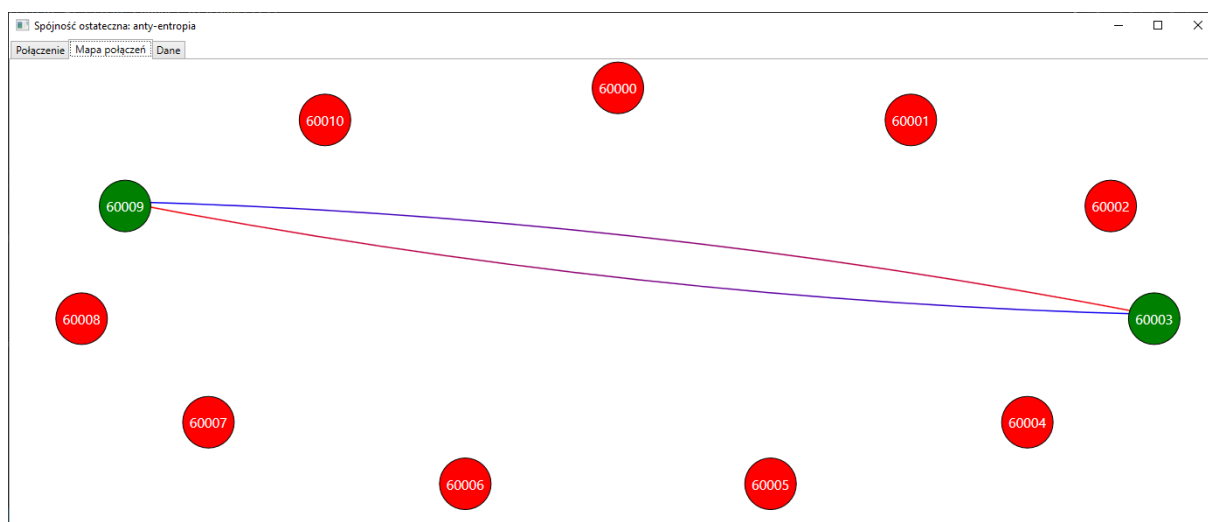
- wprowadzenie do systemu danych pięciu osób,
- uzyskanie spójności ostatecznej w 11 serwerach (rysunek 5.11),
- awaria wszystkich serwerów z wyjątkiem 60003 i 60009 (rysunek 5.12),
- wprowadzenie do systemu danych trzech nowych osób,
- uzyskanie spójności danych na 2 serwerach (rysunek 5.13),
- jednoczesna naprawa wszystkich uszkodzonych serwerów.

**Oczekiwany rezultat:** pełna synchronizacja danych z naprawionymi serwerami.

**Uzyskany rezultat:** pełna synchronizacja danych z naprawionymi serwerami (rysunek 5.14).



**Rys. 5.11.** Uzyskana spójność danych na 11 serwerach.



**Rys. 5.12.** Wizualizacja awarii wszystkich serwerów z wyjątkiem 60003 i 60009.

Server 60000	Server 60001	Server 60002	Server 60003	Server 60004	Server 60005	Server 60006	Server 60007	Server 60008	Server 60009	Server 60010
1 - Marek	1 - Marek	1 - Marek	1 - Marek	1 - Marek	1 - Marek	1 - Marek	1 - Marek	1 - Marek	1 - Marek	1 - Marek
2 - Genowefa	2 - Genowefa	2 - Genowefa	2 - Genowefa	2 - Genowefa	2 - Genowefa	2 - Genowefa	2 - Genowefa	2 - Genowefa	2 - Genowefa	2 - Genowefa
3 - Tomasz	3 - Tomasz	3 - Tomasz	3 - Tomasz	3 - Tomasz	3 - Tomasz	3 - Tomasz	3 - Tomasz	3 - Tomasz	3 - Tomasz	3 - Tomasz
4 - Józef	4 - Józef	4 - Józef	4 - Józef	4 - Józef	4 - Józef	4 - Józef	4 - Józef	4 - Józef	4 - Józef	4 - Józef
5 - Maria	5 - Maria	5 - Maria	5 - Maria	5 - Maria	5 - Maria	5 - Maria	5 - Maria	5 - Maria	5 - Maria	5 - Maria
6 - Grażyna	6 - Grażyna	6 - Grażyna	6 - Grażyna	6 - Grażyna	6 - Grażyna	6 - Grażyna	6 - Grażyna	6 - Grażyna	6 - Grażyna	6 - Grażyna
7 - Miroslaw	7 - Miroslaw	7 - Miroslaw	7 - Miroslaw	7 - Miroslaw	7 - Miroslaw	7 - Miroslaw	7 - Miroslaw	7 - Miroslaw	7 - Miroslaw	7 - Miroslaw

**Rys. 5.13.** Uzyskana spójność danych na 2 serwerach po dodaniu nowych danych.

Server 60000	Server 60001	Server 60002	Server 60003	Server 60004	Server 60005	Server 60006	Server 60007	Server 60008	Server 60009	Server 60010
1 - Marek	1 - Marek	1 - Marek	1 - Marek	1 - Marek	1 - Marek	1 - Marek	1 - Marek	1 - Marek	1 - Marek	1 - Marek
2 - Genowefa	2 - Genowefa	2 - Genowefa	2 - Genowefa	2 - Genowefa	2 - Genowefa	2 - Genowefa	2 - Genowefa	2 - Genowefa	2 - Genowefa	2 - Genowefa
3 - Tomasz	3 - Tomasz	3 - Tomasz	3 - Tomasz	3 - Tomasz	3 - Tomasz	3 - Tomasz	3 - Tomasz	3 - Tomasz	3 - Tomasz	3 - Tomasz
4 - Józef	4 - Józef	4 - Józef	4 - Józef	4 - Józef	4 - Józef	4 - Józef	4 - Józef	4 - Józef	4 - Józef	4 - Józef
5 - Maria	5 - Maria	5 - Maria	5 - Maria	5 - Maria	5 - Maria	5 - Maria	5 - Maria	5 - Maria	5 - Maria	5 - Maria
6 - Grażyna	6 - Grażyna	6 - Grażyna	6 - Grażyna	6 - Grażyna	6 - Grażyna	6 - Grażyna	6 - Grażyna	6 - Grażyna	6 - Grażyna	6 - Grażyna
7 - Miroslaw	7 - Miroslaw	7 - Miroslaw	7 - Miroslaw	7 - Miroslaw	7 - Miroslaw	7 - Miroslaw	7 - Miroslaw	7 - Miroslaw	7 - Miroslaw	7 - Miroslaw

**Rys. 5.14.** Uzyskana spójność danych na 11 serwerach (po naprawie awarii).

## 5.4. Scenariusz IV – awaria małej liczby połączeń między serwerami

**Przebieg scenariusza:**

- wprowadzenie do systemu danych trzech osób,
- uzyskanie spójności ostatecznej w 11 serwerach (rysunek 5.15),
- awaria dziesięciu par połączeń między serwerami (rysunek 5.16)
- wprowadzenie do systemu danych dwóch nowych osób,

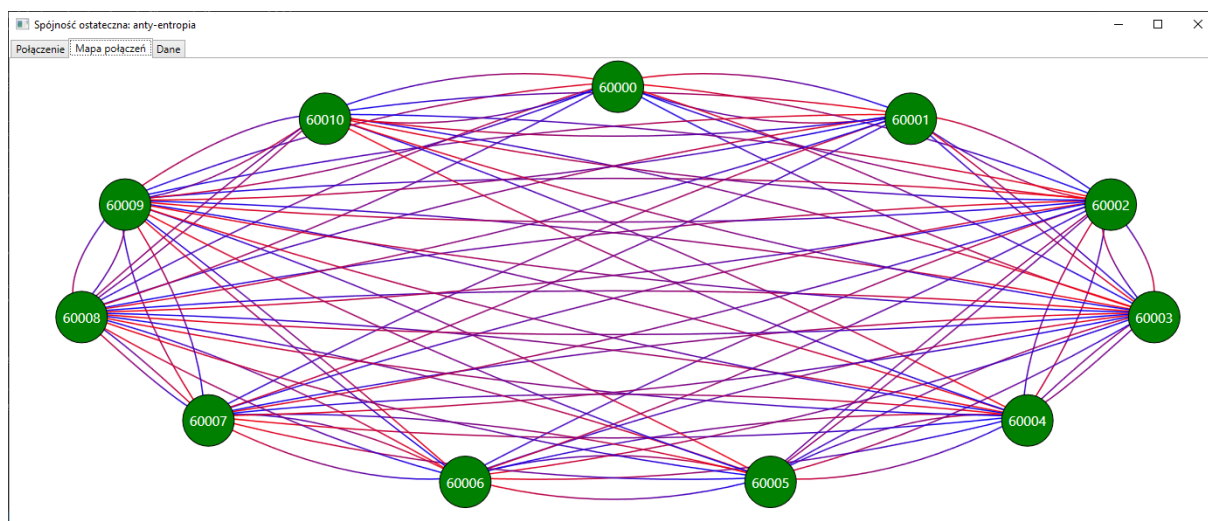
**Oczekiwany rezultat:** pełna synchronizacja danych pomimo uszkodzenia czterech połączeń.

**Uzyskany rezultat:** pełna synchronizacja danych pomimo uszkodzenia czterech połączeń (rysunek 5.17).

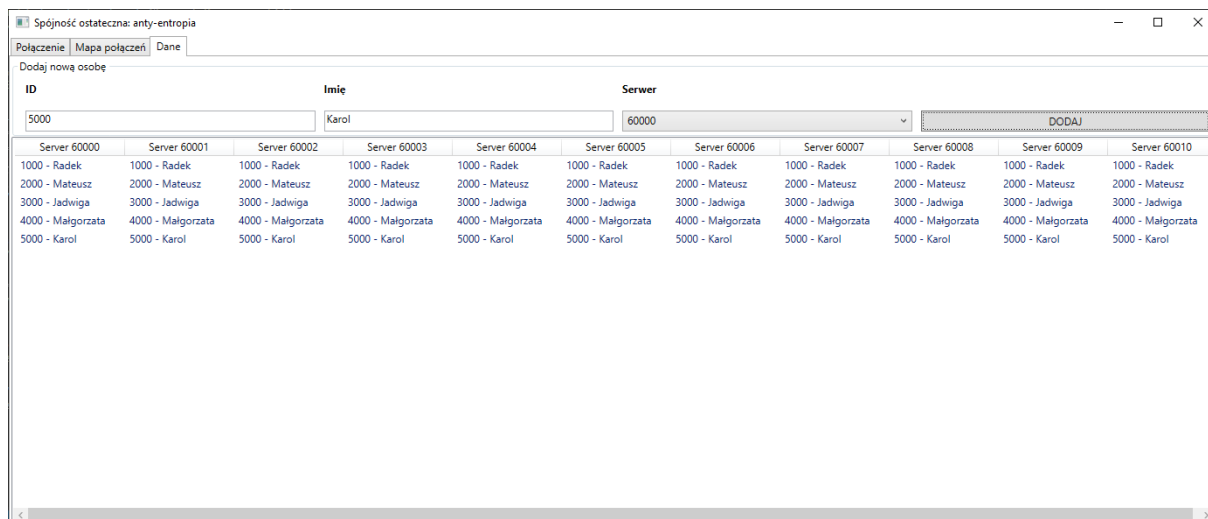
ID	Imię	Serwer
3000	Jadwiga	60000

Server 60000	Server 60001	Server 60002	Server 60003	Server 60004	Server 60005	Server 60006	Server 60007	Server 60008	Server 60009	Server 60010
1000 - Radek	1000 - Radek	1000 - Radek	1000 - Radek	1000 - Radek	1000 - Radek	1000 - Radek	1000 - Radek	1000 - Radek	1000 - Radek	1000 - Radek
2000 - Mateusz	2000 - Mateusz	2000 - Mateusz	2000 - Mateusz	2000 - Mateusz	2000 - Mateusz	2000 - Mateusz	2000 - Mateusz	2000 - Mateusz	2000 - Mateusz	2000 - Mateusz
3000 - Jadwiga	3000 - Jadwiga	3000 - Jadwiga	3000 - Jadwiga	3000 - Jadwiga	3000 - Jadwiga	3000 - Jadwiga	3000 - Jadwiga	3000 - Jadwiga	3000 - Jadwiga	3000 - Jadwiga

**Rys. 5.15.** Uzyskana spójność danych na 11 serwerach.



**Rys. 5.16.** Wizualizacja awarii dziesięciu par połączeń (głównie przebiegających przez środek grafu „góra-dół”).



**Rys. 5.17.** Uzyskana spójność danych na 11 serwerach, po dodaniu nowych danych (bez naprawy awarii).

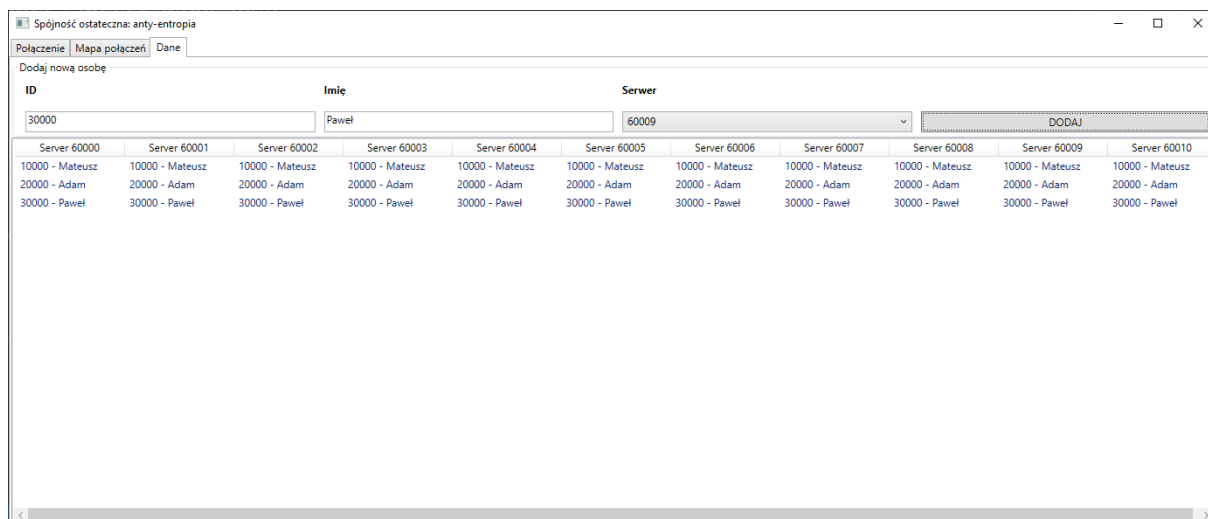
## 5.5. Scenariusz V – awaria dużej liczby połączeń między serwerami

### Przebieg scenariusza:

- wprowadzenie do systemu danych trzech osób,
- uzyskanie spójności ostatecznej w 11 serwerach (rysunek 5.18),
- awaria połączeń między serwerami, z wyjątkiem połączeń „okrężnych” (rysunek 5.19)
- wprowadzenie do systemu danych dwóch nowych osób,

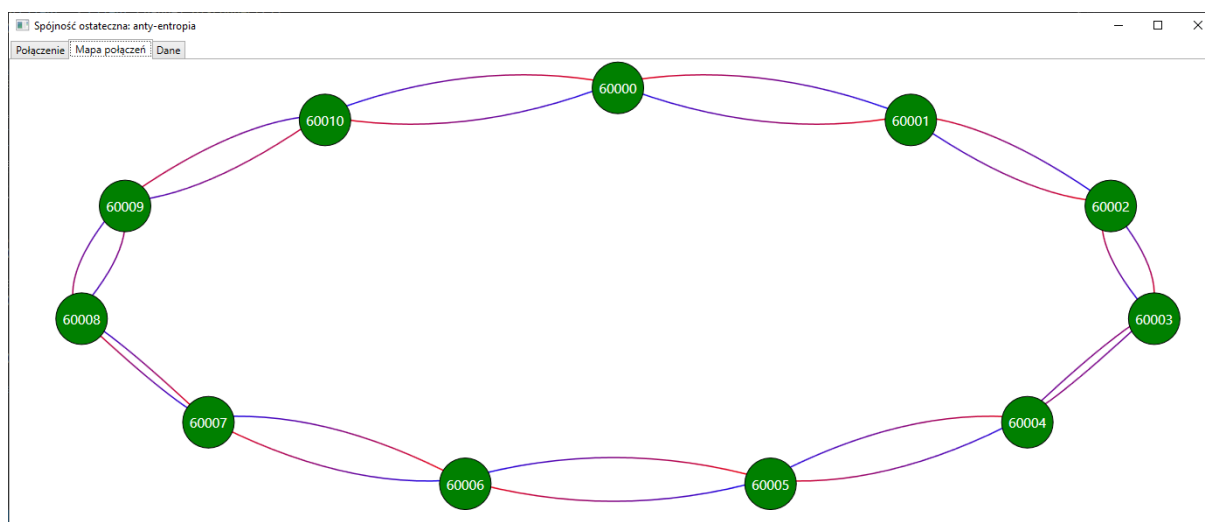
**Oczekiwany rezultat:** pełna synchronizacja danych pomimo uszkodzenia dużej liczby połączeń.

**Uzyskany rezultat:** pełna synchronizacja danych pomimo uszkodzenia dużej liczby połączeń (rysunek 5.20).



**Rys. 5.18.** Uzyskana spójność danych na 11 serwerach.





**Rys. 5.19.** Wizualizacja dużej awarii par połączeń.

Spójność ostateczna: anty-entropia

Połączenie

Mapa połączeń

Dane

Dodaj nową osobę

ID

50000

Imię

Zuzanna

Serwer

60005

DODAJ

Server 60000	Server 60001	Server 60002	Server 60003	Server 60004	Server 60005	Server 60006	Server 60007	Server 60008	Server 60009	Server 60010
10000 - Mateusz	10000 - Mateusz	10000 - Mateusz	10000 - Mateusz	10000 - Mateusz	10000 - Mateusz	10000 - Mateusz	10000 - Mateusz	10000 - Mateusz	10000 - Mateusz	10000 - Mateusz
20000 - Adam	20000 - Adam	20000 - Adam	20000 - Adam	20000 - Adam	20000 - Adam	20000 - Adam	20000 - Adam	20000 - Adam	20000 - Adam	20000 - Adam
30000 - Paweł	30000 - Paweł	30000 - Paweł	30000 - Paweł	30000 - Paweł	30000 - Paweł	30000 - Paweł	30000 - Paweł	30000 - Paweł	30000 - Paweł	30000 - Paweł
40000 - Leokadia	40000 - Leokadia	40000 - Leokadia	40000 - Leokadia	40000 - Leokadia	40000 - Leokadia	40000 - Leokadia	40000 - Leokadia	40000 - Leokadia	40000 - Leokadia	40000 - Leokadia
50000 - Zuzanna	50000 - Zuzanna	50000 - Zuzanna	50000 - Zuzanna	50000 - Zuzanna	50000 - Zuzanna	50000 - Zuzanna	50000 - Zuzanna	50000 - Zuzanna	50000 - Zuzanna	50000 - Zuzanna

**Rys. 5.20.** Uzyskana spójność danych na 11 serwerach, po dodaniu nowych danych (bez naprawy awarii).

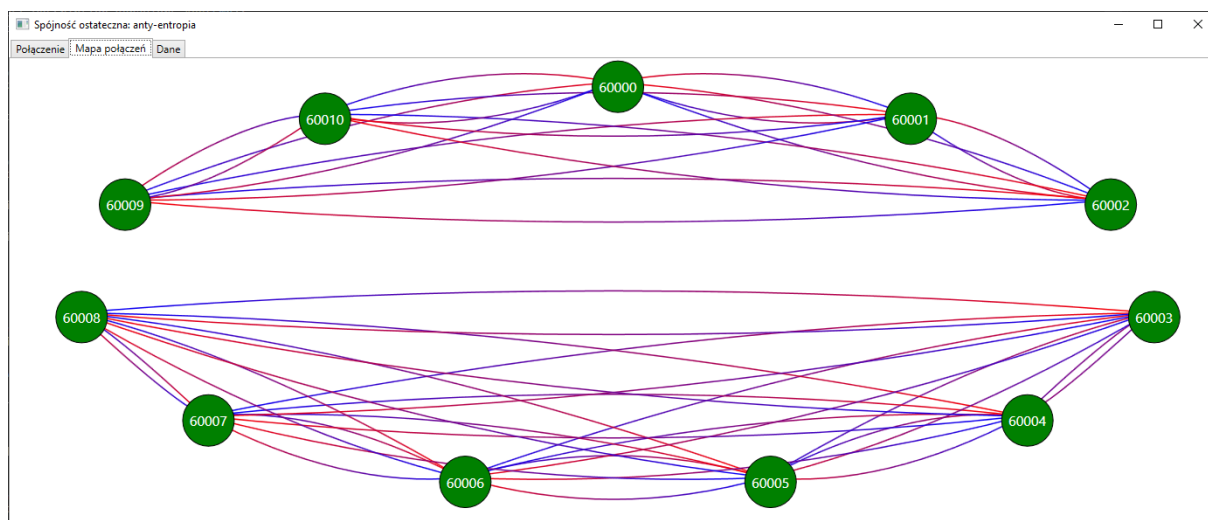
## 5.6. Scenariusz VI – awaria dużej liczby połączeń między serwerami (podział serwerów na dwie grupy)

### Przebieg scenariusza:

- awaria wielu par połączeń, utworzenie dwóch grup serwerów (rysunek 5.21)
- wprowadzenie danych do serwerów: po trzy osoby do każdej grupy,
- uzyskanie spójności wewnątrz grup (rysunek 5.22),
- naprawa dwóch par połączeń łączących grupy (rysunek 5.23).

**Oczekiwany rezultat:** pełna synchronizacja danych pomimo uszkodzenia dużej liczby połączeń i przywrócenia tylko kilku łączących grupy.

**Uzyskany rezultat:** pełna synchronizacja danych pomimo uszkodzenia dużej liczby połączeń i przywrócenia tylko kilku łączących grupy (rysunek 5.24).



**Rys. 5.21.** Wizualizacja dużej awarii par połączeń – utworzenie dwóch grup serwerów.

Spójność ostateczna: anty-entropia

Połączenie Mapa połączeń Dane

Dodaj nową osobę

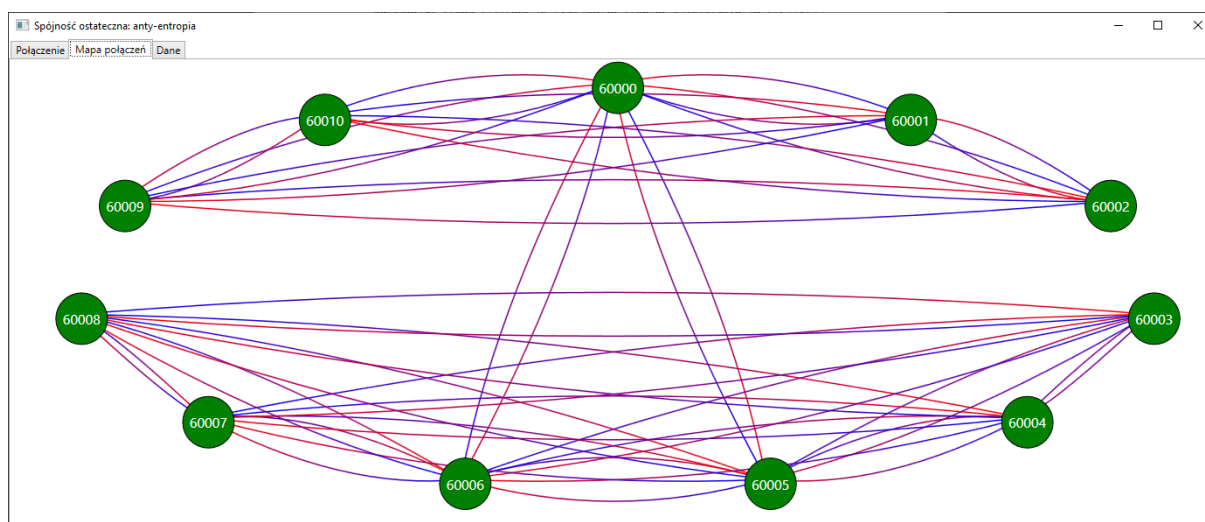
ID Imię Serwer

23 Aleksander 60006

DODAJ

Server 60000	Server 60001	Server 60002	Server 60003	Server 60004	Server 60005	Server 60006	Server 60007	Server 60008	Server 60009	Server 60010
11 - Katarzyna	11 - Katarzyna	11 - Katarzyna	21 - Marek	21 - Marek	21 - Marek	21 - Marek	21 - Marek	21 - Marek	11 - Katarzyna	11 - Katarzyna
12 - Jakub	12 - Jakub	12 - Jakub	22 - Jadwiga	22 - Jadwiga	22 - Jadwiga	22 - Jadwiga	22 - Jadwiga	22 - Jadwiga	12 - Jakub	12 - Jakub
13 - Karol	13 - Karol	13 - Karol	23 - Aleksander	23 - Aleksander	23 - Aleksander	23 - Aleksander	23 - Aleksander	23 - Aleksander	13 - Karol	13 - Karol

**Rys. 5.22.** Uzyskana spójność wewnątrz utworzonych grup serwerów.



**Rys. 5.23.** Wizualizacja dużej awarii par połączeń – naprawa dwóch par połączeń między grupami.

Spójność ostateczna: anty-entropia

Połączenie Mapa połączeń Dane

Dodaj nową osobę

ID	Imię	Server
23	Aleksander	60006

DODAJ

Server 60000	Server 60001	Server 60002	Server 60003	Server 60004	Server 60005	Server 60006	Server 60007	Server 60008	Server 60009	Server 60010
11 - Katarzyna	11 - Katarzyna	11 - Katarzyna	11 - Katarzyna	11 - Katarzyna	11 - Katarzyna	11 - Katarzyna	11 - Katarzyna	11 - Katarzyna	11 - Katarzyna	11 - Katarzyna
12 - Jakub	12 - Jakub	12 - Jakub	12 - Jakub	12 - Jakub	12 - Jakub	12 - Jakub	12 - Jakub	12 - Jakub	12 - Jakub	12 - Jakub
13 - Karol	13 - Karol	13 - Karol	13 - Karol	13 - Karol	13 - Karol	13 - Karol	13 - Karol	13 - Karol	13 - Karol	13 - Karol
21 - Marek	21 - Marek	21 - Marek	21 - Marek	21 - Marek	21 - Marek	21 - Marek	21 - Marek	21 - Marek	21 - Marek	21 - Marek
22 - Jadwiga	22 - Jadwiga	22 - Jadwiga	22 - Jadwiga	22 - Jadwiga	22 - Jadwiga	22 - Jadwiga	22 - Jadwiga	22 - Jadwiga	22 - Jadwiga	22 - Jadwiga
23 - Aleksander	23 - Aleksander	23 - Aleksander	23 - Aleksander	23 - Aleksander	23 - Aleksander	23 - Aleksander	23 - Aleksander	23 - Aleksander	23 - Aleksander	23 - Aleksander

**Rys. 5.24.** Uzyskana spójność danych na 11 serwerach (bez całkowitej naprawy awarii).

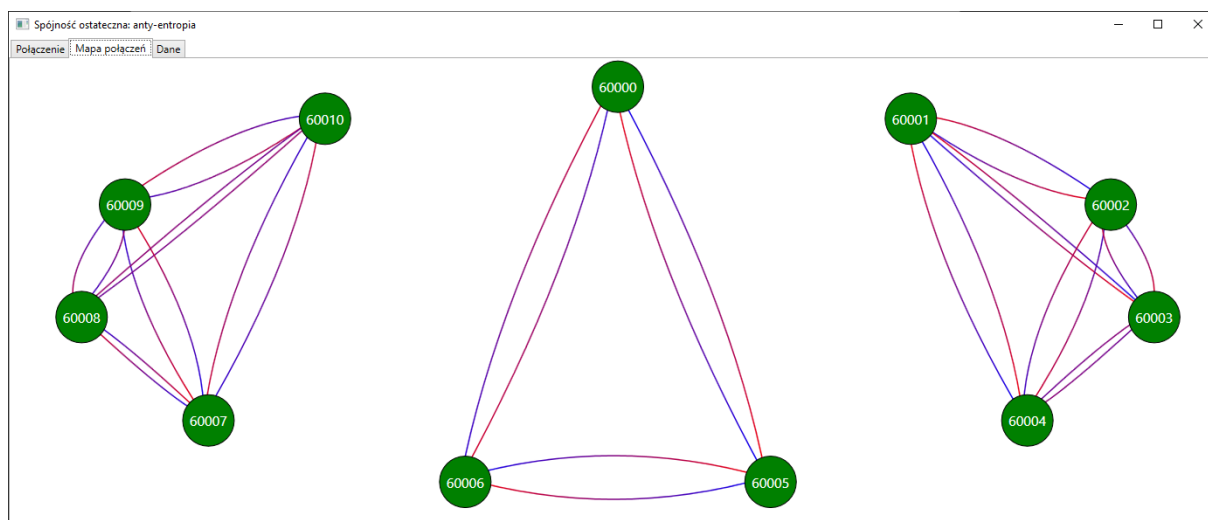
## 5.7. Scenariusz VII – awaria dużej liczby połączeń między serwerami (podział serwerów na trzy grupy)

### Przebieg scenariusza:

- awaria wielu par połączeń, utworzenie trzech grup serwerów (rysunek 5.25)
- wprowadzenie danych do serwerów: po trzy osoby do każdej grupy,
- uzyskanie spójności wewnątrz grup (rysunek 5.26),
- naprawa trzech par połączeń łączących grupy (rysunek 5.27).

**Oczekiwany rezultat:** pełna synchronizacja danych pomimo uszkodzenia dużej liczby połączeń i przywrócenia tylko kilku łączących grupy.

**Uzyskany rezultat:** pełna synchronizacja danych pomimo uszkodzenia dużej liczby połączeń i przywrócenia tylko kilku łączących grupy (rysunek 5.28).



**Rys. 5.25.** Wizualizacja dużej awarii par połączeń – utworzenie trzech grup serwerów.

Spójność ostateczna: anti-entropia

Połączenie

Mapa połączeń

Dane

Dodaj nową osobę

ID

303

Imię

Paweł

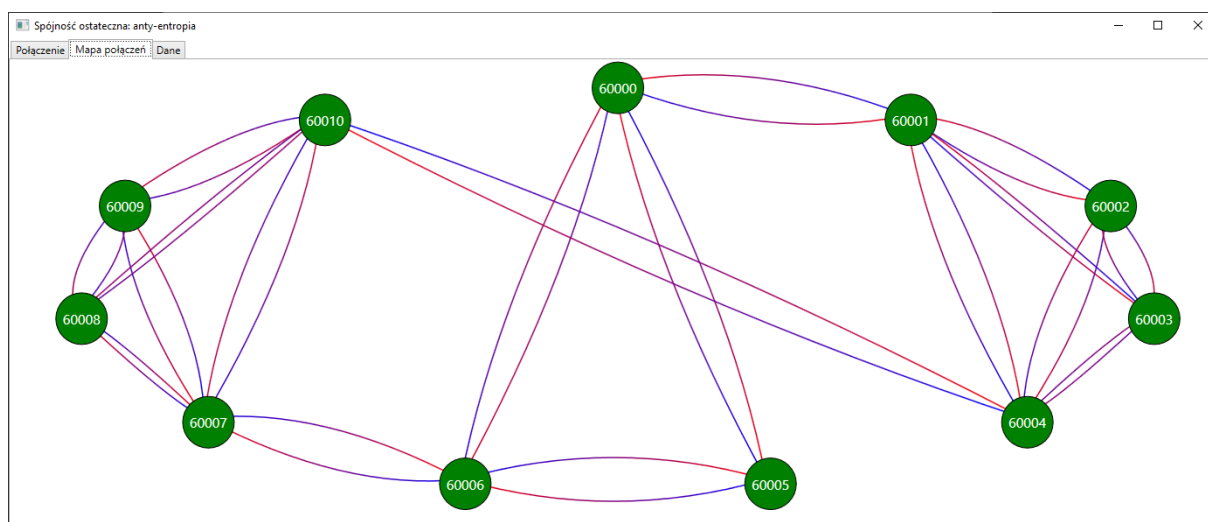
Serwer

60001

DODAJ

Server 60000	Server 60001	Server 60002	Server 60003	Server 60004	Server 60005	Server 60006	Server 60007	Server 60008	Server 60009	Server 60010
101 - Tomek	301 - Patrycja	301 - Patrycja	301 - Patrycja	301 - Patrycja	101 - Tomek	101 - Tomek	201 - Jolanta	201 - Jolanta	201 - Jolanta	201 - Jolanta
102 - Łucja	302 - Waleria	302 - Waleria	302 - Waleria	302 - Waleria	102 - Łucja	102 - Łucja	202 - Zbigniew	202 - Zbigniew	202 - Zbigniew	202 - Zbigniew
103 - Kevin	303 - Paweł	303 - Paweł	303 - Paweł	303 - Paweł	103 - Kevin	103 - Kevin	203 - Ola	203 - Ola	203 - Ola	203 - Ola

**Rys. 5.26.** Uzyskana spójność wewnątrz utworzonych grup serwerów.



**Rys. 5.27.** Wizualizacja dużej awarii par połączeń – naprawa trzech par połączeń między grupami.

Spójność ostateczna: anty-entropia

Połączenie Mapa połączeń Dane

Dodaj nową osobę

ID	Imię	Server
303	Paweł	60001

DODAJ

Server 60000	Server 60001	Server 60002	Server 60003	Server 60004	Server 60005	Server 60006	Server 60007	Server 60008	Server 60009	Server 60010
101 - Tomek	101 - Tomek	101 - Tomek	101 - Tomek	101 - Tomek	101 - Tomek	101 - Tomek	101 - Tomek	101 - Tomek	101 - Tomek	101 - Tomek
102 - Lucja	102 - Lucja	102 - Lucja	102 - Lucja	102 - Lucja	102 - Lucja	102 - Lucja	102 - Lucja	102 - Lucja	102 - Lucja	102 - Lucja
103 - Kevin	103 - Kevin	103 - Kevin	103 - Kevin	103 - Kevin	103 - Kevin	103 - Kevin	103 - Kevin	103 - Kevin	103 - Kevin	103 - Kevin
201 - Jolanta	201 - Jolanta	201 - Jolanta	201 - Jolanta	201 - Jolanta	201 - Jolanta	201 - Jolanta	201 - Jolanta	201 - Jolanta	201 - Jolanta	201 - Jolanta
202 - Zbigniew	202 - Zbigniew	202 - Zbigniew	202 - Zbigniew	202 - Zbigniew	202 - Zbigniew	202 - Zbigniew	202 - Zbigniew	202 - Zbigniew	202 - Zbigniew	202 - Zbigniew
203 - Ola	203 - Ola	203 - Ola	203 - Ola	203 - Ola	203 - Ola	203 - Ola	203 - Ola	203 - Ola	203 - Ola	203 - Ola
301 - Patrycja	301 - Patrycja	301 - Patrycja	301 - Patrycja	301 - Patrycja	301 - Patrycja	301 - Patrycja	301 - Patrycja	301 - Patrycja	301 - Patrycja	301 - Patrycja
302 - Waleria	302 - Waleria	302 - Waleria	302 - Waleria	302 - Waleria	302 - Waleria	302 - Waleria	302 - Waleria	302 - Waleria	302 - Waleria	302 - Waleria
303 - Paweł	303 - Paweł	303 - Paweł	303 - Paweł	303 - Paweł	303 - Paweł	303 - Paweł	303 - Paweł	303 - Paweł	303 - Paweł	303 - Paweł

**Rys. 5.28.** Uzyskana spójność danych na 11 serwerach (bez całkowitej naprawy awarii).

## 5.8. Scenariusz VIII – awaria dużej liczby połączeń między serwerami (podział serwerów na trzy grupy) oraz awaria trzech serwerów

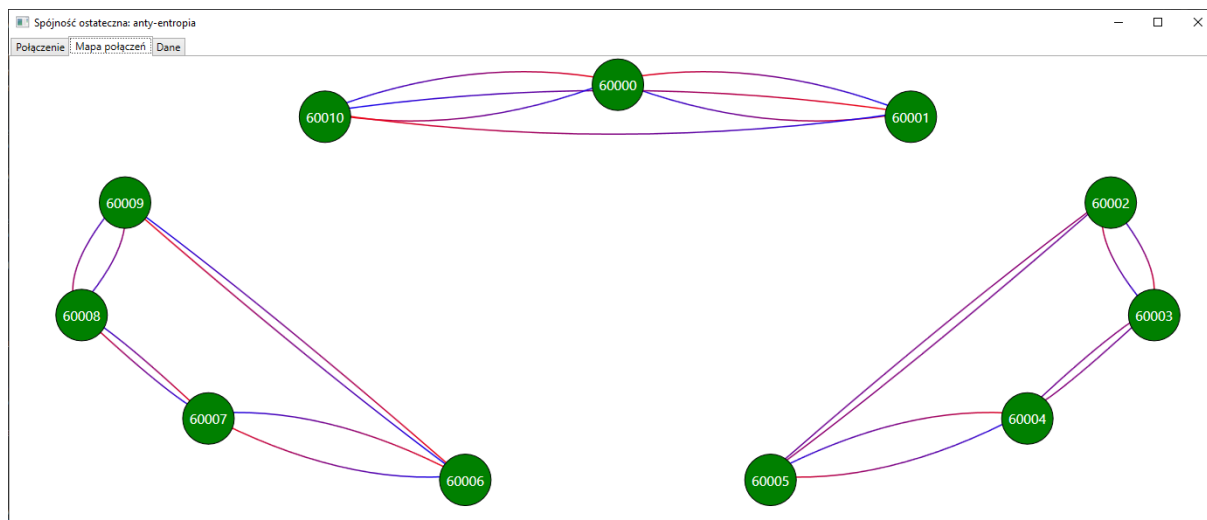
### Przebieg scenariusza:

- awaria wielu par połączeń, utworzenie trzech grup serwerów (rysunek 5.29)
- wprowadzenie danych do serwerów: po trzy osoby do każdej grupy,
- uzyskanie spójności wewnątrz grup (rysunek 5.30),
- awaria trzech serwerów: po jednym z każdej grupy (rysunek 5.31)
- wprowadzenie nowych danych do serwerów: po dwie osoby do każdej grupy (rysunek 5.32),

- naprawa trzech uszkodzonych serwerów wraz z przywróceniem wszystkich par połączeń naprawionych serwerów (rysunek 5.33).

**Oczekiwany rezultat:** pełna synchronizacja danych pomimo wielu usterek.

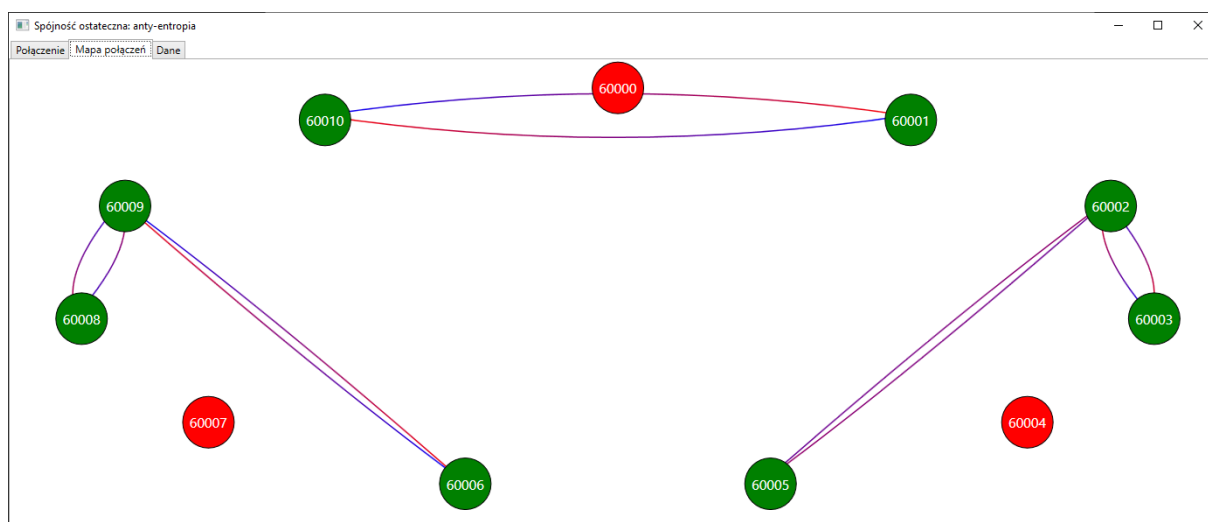
**Uzyskany rezultat:** pełna synchronizacja danych pomimo wielu usterek (rysunek 5.34).



**Rys. 5.29.** Wizualizacja dużej awarii par połączeń – utworzenie trzech grup serwerów.

Spójność ostateczna: anty-entropia										
Połączenie Mapa połączeń Dane										
Dodaj nową osobę										
ID	Imię				Serwer					
3003	Konrad				60006					
DODAJ										
Server 60000	Server 60001	Server 60002	Server 60003	Server 60004	Server 60005	Server 60006	Server 60007	Server 60008	Server 60009	Server 60010
1001 - Marzena	1001 - Marzena	2001 - Kamila	2001 - Kamila	2001 - Kamila	2001 - Kamila	3001 - Róża	3001 - Róża	3001 - Róża	3001 - Róża	1001 - Marzena
1002 - Łukasz	1002 - Łukasz	2002 - Klaudia	2002 - Klaudia	2002 - Klaudia	2002 - Klaudia	3002 - Siemion	3002 - Siemion	3002 - Siemion	3002 - Siemion	1002 - Łukasz
1003 - Monika	1003 - Monika	2003 - Paweł	2003 - Paweł	2003 - Paweł	2003 - Paweł	3003 - Konrad	3003 - Konrad	3003 - Konrad	3003 - Konrad	1003 - Monika

**Rys. 5.30.** Uzyskana spójność wewnątrz utworzonych grup serwerów.



**Rys. 5.31.** Wizualizacja dużej awarii – dodatkowa usterka trzech serwerów.

Spójność ostateczna: anty-entropia

Połączenie

Mapa połączeń

Dane

Dodaj nową osobę

ID

Imię

Serwer

32

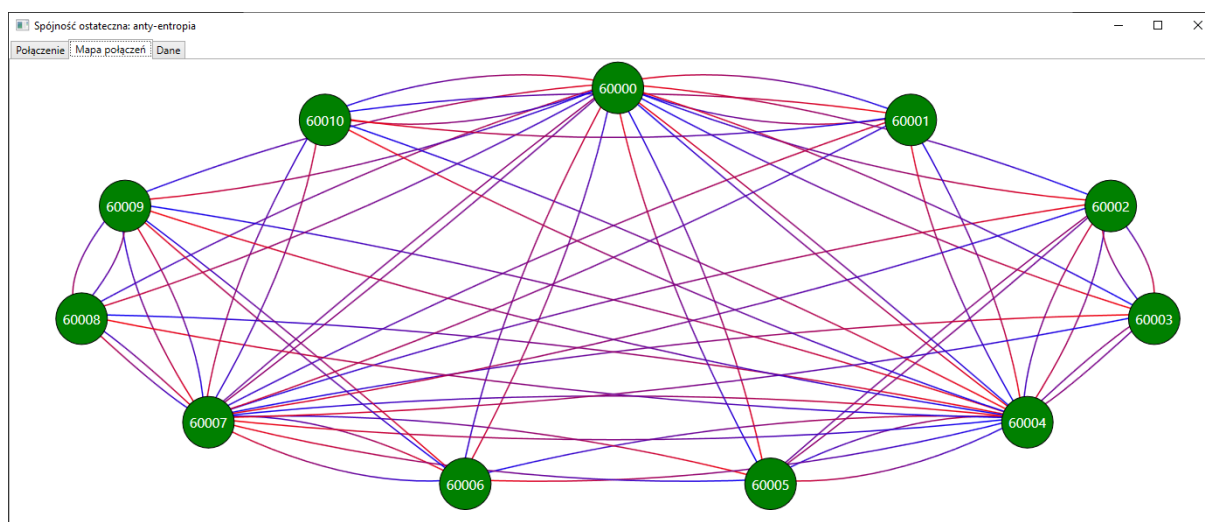
Wiktoria

60009

DODAJ

Server 60000	Server 60001	Server 60002	Server 60003	Server 60004	Server 60005	Server 60006	Server 60007	Server 60008	Server 60009	Server 60010
11 - Marek	21 - Grzegorz	21 - Grzegorz	21 - Grzegorz	21 - Grzegorz	31 - Martyna	31 - Martyna	31 - Martyna	31 - Martyna	31 - Martyna	11 - Marek
12 - Tomek	22 - Michał	22 - Michał	22 - Michał	22 - Michał	32 - Wiktoria	32 - Wiktoria	32 - Wiktoria	32 - Wiktoria	32 - Wiktoria	12 - Tomek
1001 - Marzena	2001 - Kamila	2001 - Kamila	2001 - Kamila	2001 - Kamila	3001 - Róża	3001 - Róża	3001 - Róża	3001 - Róża	3001 - Róża	1001 - Marzena
1002 - Łukasz	2002 - Klaudia	2002 - Klaudia	2002 - Klaudia	2002 - Klaudia	3002 - Siemion	3002 - Siemion	3002 - Siemion	3002 - Siemion	3002 - Siemion	1002 - Łukasz
1003 - Monika	2003 - Paweł	2003 - Paweł	2003 - Paweł	2003 - Paweł	3003 - Konrad	3003 - Konrad	3003 - Konrad	3003 - Konrad	3003 - Konrad	1003 - Monika

**Rys. 5.32.** Uzyskana spójność wewnątrz utworzonych grup serwerów (po dodaniu nowych danych w trakcie usterki trzech dodatkowych serwerów).



**Rys. 5.33.** Wizualizacja awarii – naprawa trzech uszkodzonych serwerów i wszystkich połączeń danego serwera.

Spójność ostateczna: anty-entropia

Połączenie

Mapa połączeń

Dane

Dodaj nową osobę

ID

32

Imię

Wiktoria

Server

60009

DODAJ

Server 60000	Server 60001	Server 60002	Server 60003	Server 60004	Server 60005	Server 60006	Server 60007	Server 60008	Server 60009	Server 60010
11 - Marek	11 - Marek	11 - Marek	11 - Marek	11 - Marek	11 - Marek	11 - Marek	11 - Marek	11 - Marek	11 - Marek	11 - Marek
12 - Tomek	12 - Tomek	12 - Tomek	12 - Tomek	12 - Tomek	12 - Tomek	12 - Tomek	12 - Tomek	12 - Tomek	12 - Tomek	12 - Tomek
21 - Grzegorz	21 - Grzegorz	21 - Grzegorz	21 - Grzegorz	21 - Grzegorz	21 - Grzegorz	21 - Grzegorz	21 - Grzegorz	21 - Grzegorz	21 - Grzegorz	21 - Grzegorz
22 - Michał	22 - Michał	22 - Michał	22 - Michał	22 - Michał	22 - Michał	22 - Michał	22 - Michał	22 - Michał	22 - Michał	22 - Michał
31 - Martyna	31 - Martyna	31 - Martyna	31 - Martyna	31 - Martyna	31 - Martyna	31 - Martyna	31 - Martyna	31 - Martyna	31 - Martyna	31 - Martyna
32 - Wiktoria	32 - Wiktoria	32 - Wiktoria	32 - Wiktoria	32 - Wiktoria	32 - Wiktoria	32 - Wiktoria	32 - Wiktoria	32 - Wiktoria	32 - Wiktoria	32 - Wiktoria
1001 - Marzena	1001 - Marzena	1001 - Marzena	1001 - Marzena	1001 - Marzena	1001 - Marzena	1001 - Marzena	1001 - Marzena	1001 - Marzena	1001 - Marzena	1001 - Marzena
1002 - Łukasz	1002 - Łukasz	1002 - Łukasz	1002 - Łukasz	1002 - Łukasz	1002 - Łukasz	1002 - Łukasz	1002 - Łukasz	1002 - Łukasz	1002 - Łukasz	1002 - Łukasz
1003 - Monika	1003 - Monika	1003 - Monika	1003 - Monika	1003 - Monika	1003 - Monika	1003 - Monika	1003 - Monika	1003 - Monika	1003 - Monika	1003 - Monika
2001 - Kamila	2001 - Kamila	2001 - Kamila	2001 - Kamila	2001 - Kamila	2001 - Kamila	2001 - Kamila	2001 - Kamila	2001 - Kamila	2001 - Kamila	2001 - Kamila
2002 - Klaudia	2002 - Klaudia	2002 - Klaudia	2002 - Klaudia	2002 - Klaudia	2002 - Klaudia	2002 - Klaudia	2002 - Klaudia	2002 - Klaudia	2002 - Klaudia	2002 - Klaudia
2003 - Paweł	2003 - Paweł	2003 - Paweł	2003 - Paweł	2003 - Paweł	2003 - Paweł	2003 - Paweł	2003 - Paweł	2003 - Paweł	2003 - Paweł	2003 - Paweł
3001 - Róża	3001 - Róża	3001 - Róża	3001 - Róża	3001 - Róża	3001 - Róża	3001 - Róża	3001 - Róża	3001 - Róża	3001 - Róża	3001 - Róża
3002 - Siemion	3002 - Siemion	3002 - Siemion	3002 - Siemion	3002 - Siemion	3002 - Siemion	3002 - Siemion	3002 - Siemion	3002 - Siemion	3002 - Siemion	3002 - Siemion
3003 - Konrad	3003 - Konrad	3003 - Konrad	3003 - Konrad	3003 - Konrad	3003 - Konrad	3003 - Konrad	3003 - Konrad	3003 - Konrad	3003 - Konrad	3003 - Konrad

**Rys. 5.34.** Uzyskana spójność danych na 11 serwerach (bez całkowitej naprawy awarii połączeń).

## 6. WNIOSKI

Projekt zrealizowano zgodnie z wszystkimi wytycznymi zamieszczonymi w instrukcji projektowej. Podczas implementacji projektu zapoznano się z modelem spójności ostatecznej w wariancie anty-entropii, ale nie tylko – celem zrozumienia zagadnienia poszerzono wiedzę także o inne modele spójności i chociażby wariant rozsiewania plotek dla spójności ostatecznej.

Projekt wykonano w technologiach poznanych na potrzeby innych projektów: język C#, architektura WCF, aplikacja WPF. Dzięki temu cały zespół mógł skupić się na właściwej implementacji algorytmów bez przymusu poznawania nowych narzędzi.



Spójność ostateczna (niezależnie od wariantu) nie jest najlepszym modelem gwarantującym spójność danych. Zgodnie z nazwą, ostatecznie spójność zostanie zachowana, ale wymaga to czasu. Model taki działa dobrze tylko pod warunkiem, że klient korzysta zawsze z tej samej kopii. Jeśli klient „zapyta” inny serwer o dane, może okazać się, że drugi serwer nie posiadał aktualnej kopii. Dużo lepszym wyborem jest implementacja modelu spójności zapisów następujących po odczytach (istnieje gwarancja, że proces dokonuje zapisu na kopii nie starszej niż ta, z której ostatnio dokonywał odczytów) lub modelu spójności czytania swoich zapisów (w tym modelu spójności proces zawsze widzi skutki wszystkich swoich poprzednich zapisów, nieważne, na jakich kopiach ich dokonał). Jeśli model spójności ostatecznej zostanie zaimplementowany w systemie o charakterze przyrostowym (np. rekordy danych – jak w zaprojektowanym symulatorze) to trzeba dodatkowo zapewnić identyczne uporządkowanie wykonywanych operacji na wszystkich kopiach. Problem w przypadku zaprojektowanego symulatora został rozwiązany sortowaniem po identyfikatorze.

Model spójności ostatecznej w wariacie anty-entropii bazuje na pseudolosowości – serwer do zsynchronizowania jest losowany z puli dostępnych serwerów. Ze względu na to, system jest trudny do oceny pod względem efektywności. Pojedyncza iteracja w symulatorze trwa dwie sekundy (jest to odstęp między kolejnymi zapytaniami międzyserwerowymi). Przeprowadzono eksperymenty dotyczące potrzebnej liczby iteracji i liczby zapytań. Zakładając bezawaryjność serwerów i połączeń, do synchronizacji danych o dwóch osobach potrzeba 10-12 iteracji. Razem daje to około 110-132 zapytań synchronizujących dane.

Podczas implementacji projektu napotykanne były problemy związane z synchronizacją, zaciętymi aktualizacjami itp. Wszystkie problemy były na bieżąco naprawiane przez co w naszej ocenie symulator jest odporny na błędy. Rozbudowane testy opisane w rozdziale piątym potwierdzają to założenie.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- [1] Wikipedia: Eventual consistency [online], [dostęp: 13.06.2020], Dostępny w Internecie:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Eventual\\_consistency](https://en.wikipedia.org/wiki/Eventual_consistency).
- [2] Brzeziński J., Sobaniec C., Materiały wykładowe. Instytut Informatyki, Politechnika Poznańska [online], [dostęp: 13.06.2020], Dostępny w Internecie:  
[http://smurf.mimuw.edu.pl/external\\_slides/Systemy\\_Rozproszone](http://smurf.mimuw.edu.pl/external_slides/Systemy_Rozproszone).
- [3] Kruk T.J, Materiały wykładowe. Instytut Automatyki i Informatyki Stosowanej, Politechnika Warszawska [online], [dostęp: 13.06.2020], Dostępny w Internecie:  
<https://www.ia.pw.edu.pl/~tkruk/edu/rso.b/>.
- [4] Dokumentacja C# [online], [dostęp: 13.06.2020], Dostępny w Internecie:  
<https://docs.microsoft.com/pl-pl/dotnet/csharp/>.
- [5] Dokumentacja WPF [online], [dostęp: 13.06.2020], Dostępny w Internecie:  
<https://docs.microsoft.com/pl-pl/dotnet/framework/wpf/>.
- [6] Dokumentacja WCF [online], [dostęp: 13.06.2020], Dostępny w Internecie:  
<https://docs.microsoft.com/pl-pl/dotnet/framework/wcf/>.