



»

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών
Πανεπιστήμιο Πειραιώς
Τμήμα Βιομηχανικής Διοίκησης και Τεχνολογίας

Διαπανεπιστημιακό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Τεχνο-Οικονομικά Συστήματα»

Μοντέλο διαλειτουργικότητας μεταξύ φορέων
με τη χρήση Apache Kafka

Διπλωματική Εργασία

ΦΟΙΤΗΤΗΣ

Νιάρχος Κ. Μάριος

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Δημήτριος Ασκούνης

Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αθήνα, Οκτώβριος 2021

.....
Μάριος Κ.Νιάρχος

Διπλωματούχος Μηχανικός Η/Υ και Πληροφορικής Πανεπιστημίου Πατρών

Copyright © Νιάρχος Κ.Μάριος, 2021

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ' ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η διπλωματική αυτή εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του ΔΠΜΣ «Τεχνοοικονομικά Συστήματα» της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, κατά το ακαδημαϊκό έτος 2020-2021.

Τις θερμότερες ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω στον επιβλέποντα της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας, καθηγητή του ΕΜΠ, κ. Δημήτριο Ασκούνη για την ανάθεσή της και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε στο χειρισμό του θέματος.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες στον κ. Κωνσταντίνο Τζαμαλούκα, ΕΔΙΠ στον Τομέα Τεχνολογίας Πληροφορικής και Υπολογιστών, συνεπιβλέπων στη διπλωματική, για την πολύτιμη βοήθειά του σε κάθε φάση της εκπόνησης αυτού του έργου, καθώς και για την καθοδήγησή του και τις συμβουλές του, που οδήγησαν στην ολοκλήρωση της εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου, για τη συμπαράστασή της καθ' όλη τη διάρκεια του μεταπτυχιακού μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η σπουδαιότητα της διαλειτουργικότητας, δηλαδή της ικανότητας ενός πληροφοριακού συστήματος να επικοινωνεί με το εξωτερικό περιβάλλον του, είτε για ανταλλαγή είτε για την επεξεργασία πληροφοριών και δεδομένων, προκειμένου να συνεργάζεται απρόσκοπτα και αρμονικά στο πλαίσιο ενός δυναμικού δικτύου, αναδεικνύεται όλο και περισσότερο στα πλαίσια της εξέλιξης των σημερινών κοινωνιών. Τα τελευταία χρόνια, το αυξανόμενο ενδιαφέρον, που συγκεντρώνει ο τομέας της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης, έχει τοποθετήσει το ζήτημα της διαλειτουργικότητας σε θέση υψηλής προτεραιότητας για τη δημόσια διοίκηση των κρατών. Πλέον, ο προβληματισμός είναι παγκόσμιος. Μάλιστα, οι ευρωπαϊκές υπηρεσίες συμμετέχουν ενεργά σε συζητήσεις και στην αναζήτηση λύσεων για προβλήματα σχετικά με τη διαλειτουργικότητα.

Αρκετές έρευνες έχουν δείξει ότι υπάρχουν κοινές πρακτικές, που μπορούν να εφαρμοστούν για την εναρμόνιση φορέων μέσω της διαλειτουργικότητας. Αυτές οι έρευνες, σε συνεργασία με τις οδηγίες του Ελληνικού Πλαισίου Διαλειτουργικότητας, στοχεύουν σε μία νέα προσέγγιση, με στοχευμένα αποτελέσματα. Στόχος των κοινών πρακτικών είναι η οργάνωση των διαδικασιών, η αντιμετώπιση σημασιολογικών και τεχνικών προβλημάτων, η σχεδίαση σχετικών αρχιτεκτονικών και εν τέλει η επίτευξη των νομικών συνεργασιών των συστημάτων.

Το Ελληνικό Πλαίσιο Διαλειτουργικότητας, όντας Νόμος του Κράτους από το 2008, έχει σαν στόχο τη λειτουργία πληροφοριακών συστημάτων με αποδοτικό τρόπο. Συμβάλλει, επίσης, στη διοικητική οργάνωση των φορέων του Δημοσίου Τομέα, ενισχύοντας τη διαφάνεια στις διαδικασίες που εμπλέκονται. Τα επόμενα χρόνια, η αυτοματοποίηση των διαδικασιών της δημόσιας διοίκησης και των αναπτυξιακών προγραμμάτων θα είναι αυτονόητη και η διαλειτουργικότητα θα έχει συμβάλει σημαντικά στην επίτευξή της.

Προβάλλει επιτακτική η ανάγκη υλοποίησης πρακτικών και μοντέλων για την επίτευξη της διαλειτουργικότητας μεταξύ φορέων της δημόσιας διοίκησης τόσο σε εθνικό όσο και σε ευρωπαϊκό επίπεδο, πλήρως συμμορφούμενων με το υφιστάμενα πλαίσια διαλειτουργικότητας. Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί, λοιπόν,

η υλοποίηση ενός μοντέλου διαλειτουργικότητας μεταξύ φορέων με τη χρήση της τεχνολογίας Apache Kafka, η οποία αξιοποιώντας τα επιμέρους χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης τεχνολογίας θα επιχειρήσει να δώσει λύση στο πρόβλημα της συγκέντρωσης δεδομένων και το διαμοιρασμό αυτών, μεταξύ δύο ή περισσότερων διαφορετικών φορέων. Η υλοποίηση αυτή συνδυάζει τις βασικές αρχές διαχείρισης δεδομένων μέσω ενός δικτύου σε συνδυασμό με τις δυνατότητες στο διαμοιρασμό και τη μετάδοση, που προσφέρει η τεχνολογία Kafka.

Η δομή της εργασίας έχει ως εξής:

- Στο πρώτο κεφάλαιο κάνουμε την εισαγωγή στο θέμα της διπλωματικής, με έμφαση στον ορισμό του προβλήματος και στη συνεισφορά της εργασίας.
- Στο δεύτερο κεφάλαιο επιχειρούμε την εξοικείωση του αναγνώστη με την έννοια της διαλειτουργικότητας, τις διαστάσεις της, τα οφέλη της, καθώς και τους κανόνες, που την διέπουν σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο.
- Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται μια παρουσίαση της τεχνολογίας Apache Kafka, της αρχιτεκτονικής της, των επιμέρους στοιχείων της, ενώ καθορίζονται και οι λόγοι επιλογή της για την υλοποίηση του μοντέλου.
- Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται εστίαση στην υλοποίηση του μοντέλου διαλειτουργικότητας μεταξύ φορέων, όπου ως επίκεντρο έχει τη χρήση της τεχνολογίας Kafka. Παράλληλα, παρουσιάζονται τα υποσυστήματα που το αποτελούν καθώς και η λειτουργικότητα αυτών.

Λέξεις κλειδιά: Διαλειτουργικότητα, πληροφοριακά συστήματα, Ηλεκτρονική Διακυβέρνηση, Διασύνδεση, Ευρωπαϊκή Αρχή, Ελληνικό Πλαίσιο Διαλειτουργικότητας, EIRA, Apache Kafka, Producers, Consumers, Kafka Cluster, Database

ABSTRACT

The importance of interoperability, i.e., the ability of an information system to communicate with its external environment, either for the exchange or for the processing of information and data in order to cooperate seamlessly and harmoniously within a dynamic network is increasingly emerging in the context of today societies. In recent years, the growing interest of the e-government sector has made the issue of interoperability a high priority for public administration. The issue is now global and European services in particular are actively involved in discussions and solutions to interoperability issues.

Several studies have shown that there are common practices that can be applied to harmonize bodies through interoperability. These studies, in collaboration with the Greek Interoperability Framework guidelines, aim at a new approach, with targeted results. The goal of common practices is to organize procedures, addressing semantic and technical problems, designing relevant architectures and ultimately achieving legal systems collaboration.

The Hellenic Interoperability Framework, being a State Law since 2008, aims at the operation of information systems in an efficient manner and contributes to the administrative organization of Public Sector bodies, enhancing transparency in the procedures involved. In the coming years, the automation of procedures of public administration and development programs will be self-evident and interoperability will have contributed significantly to its achievement.

The need to implement practices and models for achieving interoperability between public administrations at both national and European level, fully in line with existing interoperability frameworks, is urgent. The object of this dissertation is therefore the implementation of an interoperability model between institutions using Apache Kafka technology which by utilizing the individual features of this technology will try to solve the problem of data collection and sharing between two or more different. This implementation combines the basic principles of data management through a network in combination with the sharing and transmission capabilities offered by Kafka technology.

The structure of the diploma thesis is the following:

- In the first chapter we make the introduction to the topic of diplomacy, with emphasis on the definition of the problem and the contribution of the work.
- In the second chapter we try to familiarize the reader with the concept of interoperability, its dimensions, its benefits as well as the rules that govern it at national and European level.
- In the third chapter there is a presentation of Apache Kafka technology, its architecture and its individual elements, and why it was chosen to implement the model.
- In the fourth chapter, the implementation of the interoperability model between institutions is presented, focusing on the use of Kafka technology. The subsystems that constitute it as well as their functionality are presented.

Key Words: Interoperability, information systems, e-Government, Interconnection, European Authority, Hellenic Interoperability Framework, EIRA, Apache Kafka, Producers, Consumers, Kafka Cluster, Database,

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	14
<u>1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ</u>	<u>16</u>
1.2 ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	17
1.3 ΔΟΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	19
2. ΔΙΑΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	20
2.1 Περί Διαλειτουργικότητας	22
2.3 Διαστάσεις της Διαλειτουργικότητας.....	31
2.3.1 Θεσμική Διαλειτουργικότητα.....	32
2.3.2 Οργανωσιακή Διαλειτουργικότητα.....	35
2.3.3 Σημσιολογική Διαλειτουργικότητα.....	37
2.3.4 Τεχνική Διαλειτουργικότητα	40
2.5. Επίτευξη Διαλειτουργικότητας.....	46
2.6 Χρησιμότητα της Διαλειτουργικότητας στην Ηλεκτρονική Διακυβέρνηση	48
2.7. Ρίσκα και Προκλήσεις των Κυβερνήσεων για την Επίτευξη Διαλειτουργικότητας ..	50
2.8 Σκοπός του Ελληνικού Πλαισίου Διαλειτουργικότητας	53
2.9 Ευρωπαϊκή Ένωση, Στρατηγικές δράσεις και προγράμματα στήριξης της Διαλειτουργικότητας	56
2.9.1 Το πρόγραμμα Διαλειτουργικών Λύσεων για Δημόσιες Υπηρεσίες, Επιχειρήσεις και Πολίτες.....	57
2.9.2 Σκοπός, δράσεις και λύσεις του προγράμματος ISA	57
2.10 Ευρωπαϊκό Πλαίσιο Διαλειτουργικότητας	58
2.11 Ευρωπαϊκή Αρχιτεκτονική Αναφοράς Διαλειτουργικότητας (EIRA).....	60
3. ΑΡΑΧΗ ΚΑΦΚΑ	68
3.1 Εισαγωγή.....	70
3.2 Αρχιτεκτονική Apache Kafka.....	71
3.3 Το Apache Kafka σαν εργαλείο.....	75
3.4 Επισκόπηση αρχιτεκτονικής Apache kafka	76
3.5 Topics και Logs	79
3.6 Χρήση Apache kafka ως σύστημα μετάδοσης μηνυμάτων	83
3.7 Λόγοι επιλογής τεχνολογίας Apache Kafka	84
3.8 Producers.....	90
4. ΤΕΧΝΙΚΗ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΔΙΑΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ.....	94

4.1 Περιγραφή συστήματος υλοποίησης	96
4.2 Περιγραφή λειτουργιών	99
4.2.1 Λειτουργία CRUD	99
4.2.2 Λειτουργία Sync	100
4.3 Στοιχεία Υλοποίησης	101
4.4 Δεδομένα υλοποίησης	102
4.5 Στιγμιότυπα λειτουργίας	103
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	19204

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Η αναζήτηση ενός ολοκληρωμένου ορισμού για την έννοια της διαλειτουργικότητας πολλές φορές παρουσιάζει δυσκολίες και τούτο διότι αποτελεί μία σύνθετη λειτουργία, την οποία μπορεί να προσεγγίσει κανείς από πολλές διαφορετικές οπτικές γωνίες. Εξάλλου, θα ήταν παρακινδυνευμένο να οδηγηθούμε σε μία επιπόλαιη κατανόηση του εννοιολογικού της περιεχομένου, αν απλά την ταυτίζαμε με τη διάχυση και ανταλλαγή της πληροφορίας, γιατί είναι κάτι πολύ περισσότερο. Η διαλειτουργικότητα επεκτείνεται, πέρα από τη δυνατότητα πρόσβασης χωρίς περιορισμούς στα διάφορα πληροφοριακά συστήματα, στη δυνατότητα ενοποίησης (integration) των παραγόμενων δεδομένων, που προέρχονται από τα διαφορετικά περιβάλλοντα (δημόσια και ιδιωτικά), μέσω της υιοθέτησης κοινών προτύπων.

Υπό την έννοια αυτή, η διαλειτουργικότητα καθίσταται εν δυνάμει παράγοντας τόσο ενοποίησης (integration), όσο και ολοκλήρωσης του τρόπου λειτουργίας και της δομής των συστημάτων, που βρίσκονται σε διεπαφή, ενώ παράλληλα καλείται να αντιμετωπίσει ένα πλήθος προβλημάτων τεχνικών, οργανωσιακών, αναπτυξιακών, διαχείρισης δεδομένων, προστασίας προσωπικών δικαιωμάτων, εθνικής ασφάλειας, κ.ο.κ.. Γι' αυτό το λόγο αποτελεί συνεχή μελέτη και ανάπτυξη. Επομένως, το ενδιαφέρον για αυτό το πεδίο, που υπόσχεται πολλά περισσότερα στο μέλλον τόσο σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης, όσο και διεθνώς, είναι αδιάλειπτο και συνεχώς αυξανόμενο.

Τα πληροφοριακά συστήματα αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της σύγχρονης δημόσιας διοίκησης, κάτι που καθιστά την ύπαρξη διαλειτουργικότητας μεταξύ αυτών επιτακτική ανάγκη. Σε παγκόσμιο επίπεδο η διαλειτουργικότητα ορίζεται ως ένα από τα σημαντικότερα θέματα για την αποδοτική και αποτελεσματική λειτουργία των φορέων (δημόσιων και μη) ανεξάρτητα από το μέγεθός τους. Η διαλειτουργικότητα μεταξύ δύο φορέων καλύπτει την εναρμόνιση των νομοθετικών διατάξεων τους (θεσμική διαλειτουργικότητα), τα προβλήματα και τις λύσεις των επιχειρησιακών λειτουργιών τους (οργανωσιακή διαλειτουργικότητα), τις μεθόδους και τα εργαλεία για την επικοινωνία τους (σημασιολογική διαλειτουργικότητα) και τις λύσεις για την διασύνδεση των πληροφοριακών συστημάτων σε τεχνικό επίπεδο (τεχνική διαλειτουργικότητα).

1.2 ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στα πλαίσια του διεθνούς ενδιαφέροντος για τη διαλειτουργικότητα και της προώθησης αυτής, πιο συγκεκριμένα στο δημόσιο τομέα ως εργαλείου για την παροχή αποτελεσματικών υπηρεσιών σε πολίτες και επιχειρήσεις, η παρούσα διπλωματική εργασία στόχο έχει την ανάπτυξη ενός μοντέλου μεταξύ φορέων, ικανού να αξιοποιήσει τις δυνατότητες που εισάγει η τεχνολογία Kafka. Οι λόγοι, που οδήγησαν στην επιλογή της συγκεκριμένης τεχνολογίας, είναι πως, σε περιβάλλον λογισμικού ανοικτού κώδικα, το Apache Kafka έχει αποδειχθεί μοναδικό στη συλλογή, διαχείριση, αποθήκευση και ανάλυση δεδομένων μεγάλης κλίμακας. Χειρίζεται χιλιάδες αιτήματα το δευτερόλεπτο, παρέχοντας εγγυήσεις απόδοσης, απόκρισης, ασφάλειας και αποσφαλματοποίησης, ενώ ταυτόχρονα η κοινότητα του ανοικτού λογισμικού έχει ήδη δημιουργήσει χιλιάδες βιβλιοθήκες κώδικα προς αξιοποίηση.

Η τεχνολογία Apache Kafka έχει υιοθετηθεί από το 60% των εταιρειών, που βρίσκονται στο δείκτη Fortune 100, καθώς και από μεγάλο αριθμό επιχειρήσεων και εταιρειών, που αναζητούν ένα αξιόπιστο εργαλείο για την ενδυνάμωση και τον εκσυγχρονισμό των ψηφιακών υπηρεσιών μεγάλης κλίμακας. Αξιοποιείται σε πληθώρα ετερογενών πεδίων, όπως ο τομέας του δημοσίου, της πληροφορικής, της οικονομίας, της υγείας, των μεταφορών, του τουρισμού, του αθλητισμού, της ενημέρωσης και της κοινωνικής δικτύωσης. Εκτός από το Ελληνικό Δημόσιο, στο πλαίσιο της Ψηφιακής ατζέντας και της εδραίωσης της Ψηφιακής Διακυβέρνησης, στις διεθνείς εταιρείες και οργανισμούς, που χρησιμοποιούν Apache Kafka, συγκαταλέγονται οι LinkedIn, Netflix, Twitter, Adidas, Airbnb.

Πιο συγκεκριμένα στους επιμέρους στόχους της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας περιλαμβάνονται:

- Η εννοιολογική προσέγγιση της διαλειτουργικότητας στις διάφορες όψεις της (technical, organizational, semantic etc.) και ειδικότερα στη διάσταση “interoperability governance”, που αφορά στο πολιτικό, νομικό, θεσμικό πλαίσιο και τις υποδομές, που απαιτούνται για την ανάπτυξη διαλειτουργικών συστημάτων, που εκτείνονται τόσο μέσα, όσο και έξω από

τα όρια ενός φορέα. Την επισκόπηση των κανονισμών και των πλαισίων, που αφορούν τη διαλειτουργικότητα σε εθνικό επίπεδο, καθώς και σε ευρωπαϊκό, καθώς και τις στρατηγικές δράσεις, που την αφορούν και τα αναμενόμενα οφέλη από αυτές.

- Η παρουσίαση της τεχνολογίας Apache Kafka και των χαρακτηριστικών που εισάγει έναντι άλλων επιλογών για δημοσίευση/εγγραφή συστημάτων ανταλλαγής μηνυμάτων. Προκειμένου να στοιχειοθετηθεί η πρόκριση της επιλογής της τεχνολογίας Apache Kafka, εστιάζουμε στην εξέταση της αρχιτεκτονικής, καθώς και των components, που απαρτίζουν τη συγκεκριμένη τεχνολογία.
- Η υλοποίηση ενός μοντέλου συμβατού με τη διαλειτουργικότητα, που αξιοποιεί τα χαρακτηριστικά της τεχνολογίας Kafka και σκοπό έχει τη διασύνδεση δύο φορέων και την ανταλλαγή στοιχείων μεταξύ αυτών. Η διαφορά της συγκεκριμένης υλοποίησης βασίζεται στην εύκολη επεκτασιμότητα του Kafka, γεγονός που καθιστά εύκολη τη διαχείριση οποιαδήποτε ποσότητας δεδομένων, καθώς και της εξαιρετικής απόδοσης της τεχνολογίας υπό υψηλό φορτίο, κάτι που κρίνεται ως ιδιαίτερα σημαντικό σε περιπτώσεις διαλειτουργικότητας μεταξύ φορέων.

1.3 ΔΟΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η δομή της εργασίας είναι η ακόλουθη:

- Στο πρώτο κεφάλαιο κάνουμε την εισαγωγή στο θέμα της διπλωματικής, με έμφαση στον ορισμό του προβλήματος και στη συνεισφορά της εργασίας.
- Στο δεύτερο κεφάλαιο επιχειρούμε την εξοικείωση του αναγνώστη με την έννοια της διαλειτουργικότητας, της διαστάσεις της, τα οφέλη της, καθώς και τους κανόνες που την διέπουν σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο.
- Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται μια παρουσίαση της τεχνολογίας Apache Kafka, της αρχιτεκτονικής της, των επιμέρους στοιχείων της, ενώ καθορίζονται και οι λόγοι επιλογή της για την υλοποίηση του μοντέλου.
- Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται εστίαση στην υλοποίηση του μοντέλου διαλειτουργικότητας μεταξύ φορέων, όπου ως επίκεντρο έχει τη χρήση της τεχνολογίας Kafka. Παράλληλα, παρουσιάζονται τα υποσυστήματα που το αποτελούν καθώς και η λειτουργικότητα αυτών.

2. ΔΙΑΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

2.1 Περί Διαλειτουργικότητας

Διαλειτουργικότητα (interoperability) ορίζεται η ικανότητα ενός πληροφοριακού συστήματος να επικοινωνεί με το εξωτερικό περιβάλλον του, προκειμένου, αρχικά να ανταλλάξει και στη συνέχεια να επεξεργαστεί πληροφορίες, που γίνονται με τον ίδιο τρόπο κατανοητές από όλα τα μέρη, τόσο από το πληροφοριακό σύστημα, όσο και από τα εξωτερικά πληροφοριακά συστήματα.

Η έννοια της διαλειτουργικότητας συγγέεται με τις «συγγενείς» έννοιες της ολοκλήρωσης, της συνεργασίας, της μεταφερσιμότητας και της ανταλλαξιμότητας. Ωστόσο, υπάρχει ένα σύνολο ουσιαστικών διαφορών μεταξύ των εννοιών αυτών και της έννοιας της διαλειτουργικότητας. Πιο συγκεκριμένα, η διαλειτουργικότητα συνδέεται με τις παρακάτω ιδιότητες:

- **Διασύνδεση:** Σε γενικές γραμμές η διαλειτουργικότητα εμπεριέχει την έννοια της συνύπαρξης και της αυτονομίας. Αντιθέτως, η ολοκλήρωση έχει την έννοια της ομογενοποίησης. Δηλαδή, η ολοκλήρωση έχει την έννοια της στενής διασύνδεσης των εμπλεκόμενων οντοτήτων σε τέτοιο βαθμό στον οποίο δεν είναι εφικτός ο διαχωρισμός αυτών από το σύνολο το οποίο συνθέτουν. Αντιθέτως, η διαλειτουργικότητα σχετίζεται με την έννοια της χαλαρής διασύνδεσης, κατάσταση στην οποία οι εμπλεκόμενοι οργανισμοί και οντότητες μπορούν να ανταλλάσσουν υπηρεσίες, να συνεργάζονται για την παροχή υπηρεσιών και να διατηρούν, ωστόσο, την αυτονομία τους. Κατά συνέπεια και υπό αυτήν την έννοια, κάθε ολοκληρωμένο σύστημα είναι οπωσδήποτε και διαλειτουργικό. Αντιθέτως, δύο συστήματα τα οποία διαλειτουργούν δεν είναι υποχρεωτικό να είναι και ολοκληρωμένα.
- **Συνεργασία:** Η διαλειτουργικότητα συσχετίζεται με την συμβατότητα και την ικανότητα συνεργασίας, διότι δύο διαλειτουργούντες οργανισμοί είναι απαραίτητο να συνεργάζονται. Δυο συνεργαζόμενοι οργανισμοί, όμως, μπορεί να μη διαλειτουργούν. Με άλλα λόγια, δυο οργανισμοί αν και συνεργαζόμενοι - ακόμα και μέσω τυπικά ορισμένων μορφών συνεργασίας - δεν συνεπάγεται ότι θα μπορούν να διαλειτουργούν

μεταξύ τους. Παρ' όλα ταύτα, η συνεργασία είναι αναπόσπαστο κομμάτι της διαλειτουργικότητας.

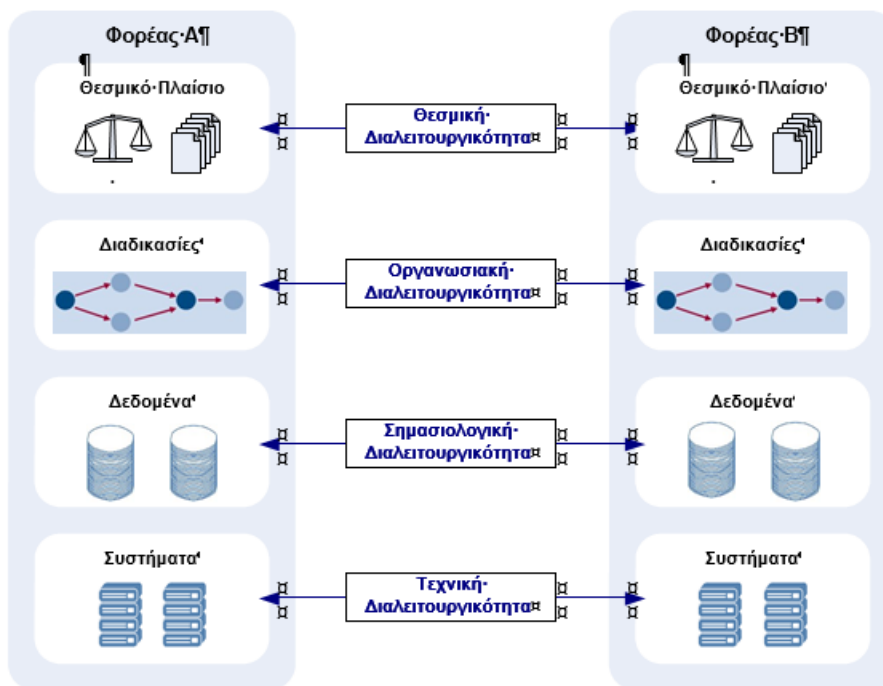
- **Μεταφερσιμότητα:** Αφορά την ικανότητα μεταφοράς συστημάτων, λογισμικού ή χρηστών από το περιβάλλον ενός οργανισμού στο περιβάλλον ενός άλλου. Με άλλα λόγια, η μεταφερσιμότητα αναφέρεται στην ικανότητα μεταφοράς ενός συστήματος, ενώ η διαλειτουργικότητα αναφέρεται στην ικανότητα ενός συστήματος να χρησιμοποιεί και να κατανοεί πλήρως την πληροφορία που προέρχεται από ένα άλλο σύστημα.
- **Ανταλλαξιμότητα:** Αναφέρεται στην ικανότητα συνέχισης παροχής του ίδιου επιπέδου σταθερής συμπεριφοράς υπηρεσιών, παρά την αλλαγή ενός συστήματος ή τμήματος αυτού. Για το πεδίο της διαλειτουργικότητας, όμως, αυτός δεν είναι βασικός σκοπός.

Γενικά, υπήρξαν πολλές προσεγγίσεις για την ανάλυση των εσωτερικών χαρακτηριστικών, των βασικών στοιχείων και της φύσης της διαλειτουργικότητας κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών. Με μια εκτενέστερη και πιο πλήρη ανάλυση της έννοιας της διαλειτουργικότητας μπορούν να διακριθούν τέσσερα βασικά επίπεδα διαλειτουργικότητας:

- **Θεσμική Διαλειτουργικότητα:** η οποία αναφέρεται στην εναρμόνιση των νομοθετικών διατάξεων, που διέπουν τη λειτουργία δύο ή περισσότερων φορέων, οι οποίοι επιθυμούν να συνεργαστούν για τη μεταξύ τους ανταλλαγή πληροφοριών ή και την παροχή ολοκληρωμένων ηλεκτρονικών υπηρεσιών προς πολίτες, επιχειρήσεις και άλλους φορείς. Επιπλέον, αποσκοπεί στο να διασφαλίσει ότι οι ηλεκτρονικά ανταλλασσόμενες πληροφορίες έχουν την ίδια νομική ισχύ για όλους τους εμπλεκόμενους φορείς. Η θεσμική διαλειτουργικότητα διασφαλίζεται μέσω νομοθετικών ρυθμίσεων και διατάξεων.
- **Οργανωσιακή Διαλειτουργικότητα:** η οποία σχετίζεται με τα προβλήματα και τις λύσεις επί των επιχειρησιακών διαδικασιών της λειτουργικής οργάνωσης ή των πολλαπλών συνεργατικών δραστηριοτήτων των δημοσίων οργανισμών -συνήθως με τη συμμετοχή διάφορων-διαφορετικών συστημάτων ΤΠΕ και πηγών δεδομένων.
- **Σημασιολογική Διαλειτουργικότητα:** συμπεριλαμβάνει τις μεθόδους και τα εργαλεία, υπό τη μορφή οντολογιών ή τυποποιημένων σχημάτων δεδομένων, τα οποία, συνήθως,

καλούνται να αντιμετωπίσουν θέματα, όπως η αυτόματη ανταλλαγή πληροφοριών κατά τα στάδια εκτέλεσης της διαδικασίας.

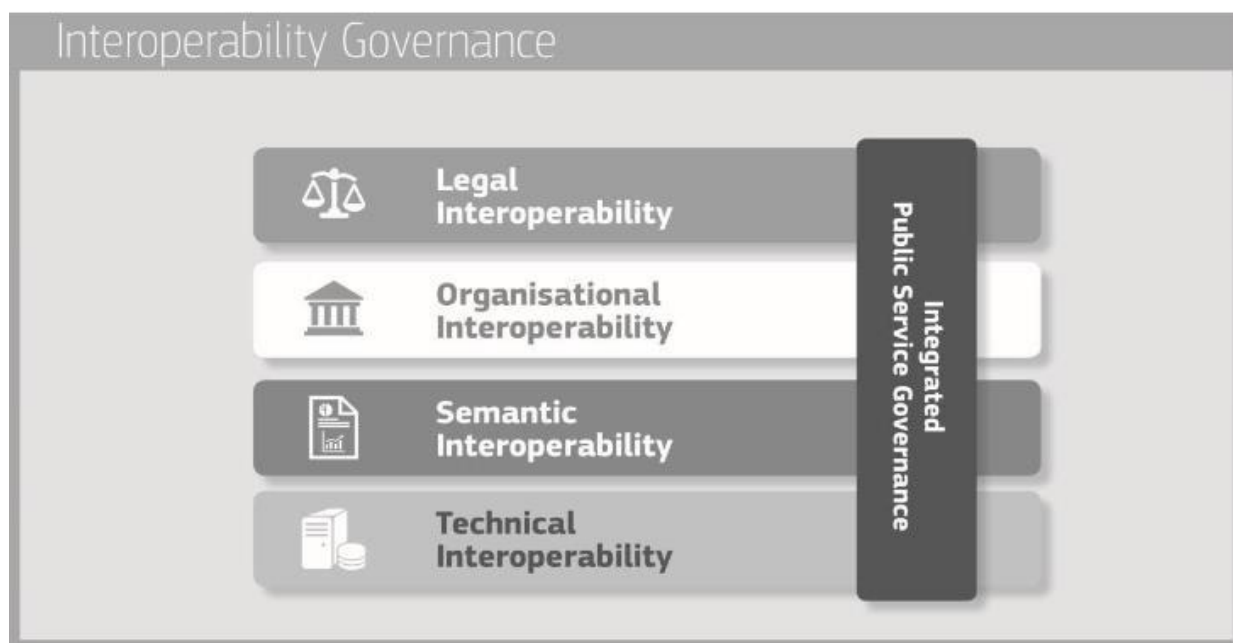
- **Τεχνική Διαλειτουργικότητα:** η οποία διερευνά προβλήματα, προτείνει λύσεις για τη διασύνδεση των συστημάτων ΤΠΕ σε τεχνικό επίπεδο και μελετά τα βασικά πρωτόκολλα, τις ψηφιακές μορφές και τους μηχανισμούς ασφαλείας της προσβασιμότητας.



Εικόνα 1: Διαστάσεις και επίπεδα διαλειτουργικότητας

Πηγή: [https://icsdweb.aegean.gr/project/egov-](https://icsdweb.aegean.gr/project/egov-wiki/index.php/Article:%CE%93%CE%B5%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AD%CF%82_%CE%91%CF%81%CF%87%CE%AD%CF%82_%CE%A0%CE%9)

[wiki/index.php/Article:%CE%93%CE%B5%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AD%CF%82_%CE%91%CF%81%CF%87%CE%AD%CF%82_%CE%A0%CE%9](https://icsdweb.aegean.gr/project/egov-wiki/index.php/Article:%CE%93%CE%B5%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AD%CF%82_%CE%91%CF%81%CF%87%CE%AD%CF%82_%CE%A0%CE%9)



Εικόνα 2:Επίπεδα διαλειτουργικότητας

Πηγή: Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, European Interoperability Framework – Implementation Strategy, par. 3, interoperability layers, Brussels, 23.3.2017, COM (2017) 134 final,

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52017DC0134&from=EL>

Πρέπει να τονιστεί ότι η διαλειτουργικότητα σε επίπεδο συστημάτων δεν μπορεί να επιτευχθεί, εάν πρώτα δεν έχει διασφαλιστεί σε επίπεδο θεσμικού πλαισίου, διαδικασιών και πληροφορίας/δεδομένων.

Παράλληλα, φορείς που δεν διαθέτουν πλήρη μηχανογραφική υποστήριξη όλων των διαδικασιών τους, μπορούν να καταστούν διαλειτουργικοί, είτε μόνο σε επίπεδο διαδικασιών, είτε σε επίπεδο διαδικασιών και δεδομένων, μέσα από τη χρήση ειδικών Intranets (ενοποιημένο δίκτυο και πρωτόκολλα επικοινωνίας) ή εφαρμογών, αφού προηγουμένως έχουν διασφαλίσει τη διαλειτουργικότητα τους σε επίπεδο θεσμικού πλαισίου. Εκτός των παραπάνω επιπέδων, διεθνώς εμφανίζεται και ένα πλήθος άλλων όρων

και ορισμών, οι οποίοι σχετίζονται με τη διαλειτουργικότητα και αποτελούν πεδία της. Πιο συγκεκριμένα:

- **Νομική Διαλειτουργικότητα:** Αναφέρεται στην ύπαρξη εναρμόνισης και επίλυσης των νομικών προβλημάτων και εμποδίων για τη συνεργασία των οργανισμών.
- **Διαλειτουργικότητα Επιχειρησιακών Διαδικασιών:** Αναφέρεται στον ανασχεδιασμό και συμμόρφωση των διαδικασιών των οργανισμών σε κοινώς αποδεκτά πρότυπα, ώστε να καταστεί εφικτή η απρόσκοπτη συνεργασία αυτών ως μια οντότητα.
- **Διαλειτουργικότητα ροών εργασιών:** Ομοίως με τον όρο αυτό εννοείται η επίτευξη διαλειτουργικότητας των ροών εργασίας.
- **Εννοιολογική Διαλειτουργικότητα:** Είναι μία έννοια που χρησιμοποιείται στη θεωρία προσομοίωσης και προϋποθέτει ότι τα θεωρητικά μοντέλα τεκμηριώνονται με βάση τις μεθόδους, που καθιστούν δυνατή την ερμηνεία και την αξιολόγησή τους από άλλους μηχανικούς. Στην ουσία, αυτό απαιτεί ένα πλήρως καθορισμένο, αλλά και ανεξαρτήτου εφαρμογής μοντέλο.
- **Πολιτισμική Διαλειτουργικότητα:** Αναφέρεται στην άρση των πολιτισμικών και άλλων διαφορών. Παραδείγματος χάριν, σε όλες τις δημοκρατίες του κόσμου, υπάρχει κάποιο ανώτατο αξίωμα, παρ' όλα αυτά, η θέση του αξιώματος δεν διαθέτει τις ίδιες αρμοδιότητες, ούτε αναφερόμαστε σε αυτό με κοινή ονομασία.
- **Κοινωνική Διαλειτουργικότητα:** Μία, επίσης, νέα πτυχή της διαλειτουργικότητας, κατά την οποία μελετώνται πολιτιστικά και γλωσσικά θέματα, καθώς και θέματα, τα οποία περικλείονται από τον όρο κοινωνικά δίκτυα. Στο επίπεδο αυτό μελετώνται εκ νέου πολλά θέματα, κυρίως υπό ένα ανθρωποκεντρικό πρίσμα.
- **Διαλειτουργικότητα γνώσης:** Αναφέρεται στην χρήση-συμμόρφωση των επιμέρους οργανισμών σε ένα σύνολο προτύπων για τη διαχείριση, συγκέντρωση, ανάκτηση και πρόσβαση στη γνώση. Στο ίδιο πλαίσιο κινείται και η διαλειτουργικότητα των οντολογιών.

- **Σημαιολογική διαλειτουργικότητα:** Υιοθετεί μία πιο εκτεταμένη οπτική στη σχέση δεδομένων-πληροφορίας. Προσπαθεί να αναδείξει την πληροφορία, ερμηνεύοντας τα δεδομένα και το περιεχόμενό τους. Διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες:
 - **Διαλειτουργικότητα Δεδομένων:** Τα δεδομένα κρατούν το νόημά τους κατά μήκος πολύπλοκων επιχειρηματικών περιεχομένων, δομών δεδομένων και τύπων, μετασχηματίζοντας τη δομή τους.
 - **Διαλειτουργικότητα των εφαρμογών:** Οι εφαρμογές με μικρές αλληλεπιδράσεις μεθόδων, συναλλαγών και συναρτήσεων (API) καταφέρνουν να τρέχουν σε ανεξάρτητες πλατφόρμες.
 - **Διαλειτουργικότητα των πολιτικών:** Οι πολιτικές και οι κανόνες προστατεύουν τις σημαντικές πηγές των επιχειρήσεων, κατά τη συνεργασία τους, ασχέτως τεχνολογίας κατασκευής των συστημάτων ή του πόσο πολύπλοκα είναι αυτά τα διαφορετικά συστήματα.
 - **Διαλειτουργικότητα Κοινωνικών Δικτύων:** Η ενεργοποίηση της συνεργασίας διαφορετικού ενδιαφέροντος κοινωνικών ομάδων, ώστε να ανακαλύψουν νοηματικές διασυνδέσεις, μέσω προηγούμενων άγνωστων επαφών και ενδιαφερόντων.

2.2 Ιστορικό Πλαίσιο Διαλειτουργικότητας

Οι κυβερνήσεις, αναφορικά με τον τομέα της δημόσιας διοίκησης, δίνουν μεγάλη σημασία στην ανάγκη να αποφευχθεί η προσκόλληση σε ένα προμηθευτή (vendor lock-in) κατά την προμήθεια υποδομών Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών (ΤΠΕ). Τη δεκαετία του 1980, η λύση σε αυτό το πρόβλημα φάνηκε να δίδεται μέσω της προτυποποίησης (standardization). Η προτυποποίηση ήταν μια χαρακτηριστική αντίδραση των κυβερνήσεων τη δεκαετία του '80 σε προβληματισμούς σχετικά με τη διαλειτουργικότητα και τα ιδιόκτητα συστήματα (proprietary systems).

Το 1984, ο Διεθνής Οργανισμός για Προτυποποίηση (International Organization for Standardization-ISO) παρήγαγε το Μοντέλο Αναφοράς Ανοικτών Συστημάτων Διασύνδεσης (Open Systems Interconnection (OSI) Reference Model) και άλλα πρότυπα, τα οποία βοήθησαν τις κυβερνήσεις στον τομέα της δικτύωσης (networking). Η υπάρχουσα τεχνολογία δικτύωσης πληροφοριακών συστημάτων αναπτυσσόταν, κυρίως, στα πλαίσια ιδιόκτητων συστημάτων και η διαλειτουργικότητα μεταξύ τους ήταν ουσιαστικά ανύπαρκτη. Επιπροσθέτως, υπήρχε ανάγκη για πρότυπα που θα διευκόλυναν συνεργατικές διαδικασίες και εφαρμογές ανεξαρτήτως πλατφόρμας.

Το Εθνικό Ινστιτούτο Προτύπων και Τεχνολογίας (National Institute of Standards and Technology-NIST) των Η.Π.Α. ενέκρινε το Κυβερνητικό Προφίλ Διασύνδεσης Ανοικτών Συστημάτων (Government Open Systems Interconnection Profile-GOSIP) το 1988 ως FIPS 146, και περιέγραφε την κατάσταση ως εξής: *«Αμφότεροι η κυβέρνηση και ο ιδιωτικός τομέας αναγνωρίζουν την ανάγκη ανάπτυξης ενός συνόλου κοινών πρωτοκόλλων δεδομένων και επικοινωνιών, βασισμένου στο Βασικό Μοντέλο Αναφοράς Ανοικτών Συστημάτων Διασύνδεσης (OSI) του ISO. Στο παρελθόν, υλοποιήσεις πρωτοκόλλων δεδομένων και επικοινωνιών που ήταν δεσμευμένες με ένα προμηθευτή οδήγησαν σε απομονωμένα πεδία πληροφοριών, η «γεφύρωση» των οποίων ήταν δύσκολη και ακριβή. Οι πρόσφατες εξελίξεις στις βασισμένες στο μοντέλο OSI Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών προσφέρουν εναλλακτικές λύσεις στα δεσμευμένα με τον προμηθευτή δίκτυα. Πιο σημαντικό, η πρόοδος στα ανοικτά συστήματα επιτρέπει τη διαλειτουργικότητα τελικών συστημάτων (end systems) διαφορετικής κατασκευής, όταν απαιτείται». Έτσι, το NIST πρότεινε το GOSIP με τον ακόλουθο σκοπό: «Το προφίλ αυτό είναι η βασική αναφορά που θα χρησιμοποιούν όλες οι κυβερνητικές υπηρεσίες κατά την απόκτηση και λειτουργία συστημάτων ή υπηρεσιών Αυτοματοποιημένης Επεξεργασίας Δεδομένων (Automated Data Processing-ADP) και συστημάτων ή υπηρεσιών επικοινωνιών προορισμένων να συμμορφώνονται με τα πρωτόκολλα OSI του ISO, τα οποία προσφέρουν διαλειτουργικότητα σε ένα ετερογενές περιβάλλον» .*

Όντως, η κυβέρνηση των Η.Π.Α. έδειξε ισχυρή αφοσίωση στα OSI και GOSIP, καθιστώντας της υπηρεσίες που ήταν έτοιμες να προχωρήσουν στην απόκτηση OSI δικτύων ικανές να χρησιμοποιούν το GOSIP. Ακόμα και το Υπουργείο Άμυνας των Η.Π.Α. (Department of

Defense-DoD) πρωτοστατούσε στην εξασφάλιση συμβατότητας με το GOSIP για μελλοντικές αποκτήσεις δικτύων. Το 1987, το Υπουργείο Άμυνας των Η.Π.Α., εξέδωσε δελτίο πολιτικής στο οποίο σκιαγραφούσε τη μετάβαση από το μέχρι πρότινος χρησιμοποιούμενο σύνολο πρωτοκόλλων (TCP/IP) στο OSI. Το TCP/IP αποτελεί, επίσης, τη βάση του Διαδικτύου. Για μια περίοδο δύο ετών, τα πρωτόκολλα TCP/IP και OSI λειτουργούσαν ως παράλληλα πρότυπα. Με το πέρας αυτής της περιόδου, τα πρωτόκολλα OSI θα χρησιμοποιούνταν σε αποκτήσεις (acquisitions) δικτύων και συστημάτων (Radack, 1988). Ωστόσο, μερικά χρόνια αργότερα, το NIST (1995) προχώρησε σε αναθεώρηση του GOSIP υπό τον τίτλο «Προφίλ για Τεχνολογίες Διασύνδεσης Ανοικτών Συστημάτων» (Profiles for Open Systems Internetworking Technologies-POSIT). Στο POSIT αναγνωρίστηκε η έλλειψη προϊόντων και υπηρεσιών βασισμένων σε OSI καθώς και η ραγδαία ανάπτυξη του Διαδικτύου (δικτύου βασισμένου στο TCP/IP) και κατά συνέπεια, τα αναθεωρημένα πρότυπα διεύρυναν τις επιλογές για τις κρατικές υπηρεσίες επιτρέποντάς τους να αποκτήσουν και να χρησιμοποιήσουν μια ποικιλία προϊόντων δικτύωσης που υλοποιούν ανοικτά, εθελοντικά πρότυπα. Αυτά τα πρότυπα περιλάμβαναν και κάποια που δεν αναπτύχθηκαν από τον ISO, όπως πρότυπα που αναπτύχθηκαν από την Ομάδα Εργασίας Μηχανικής του Διαδικτύου (Internet Engineering Task Force-IETF).

Το GOSIP των Η.Π.Α. (US GOSIP) προοριζόταν να λειτουργήσει ως κατευθυντήρια γραμμή για τις προμήθειες των κυβερνητικών τμημάτων, με στόχο να εξασφαλιστεί η διαλειτουργικότητα μεταξύ συστημάτων που αποκτιούνται ξεχωριστά. Στο Ηνωμένο Βασίλειο, παρά τις ομοιότητες με τις προδιαγραφές του US GOSIP, το UK GOSIP προσανατολιζόταν περισσότερο προς τις εφαρμογές χρήστη, παρά προς τα συστήματα πίσω από αυτές (back-end systems), και προς την παροχή τεχνικής βοήθειας για την εξυπηρέτηση των χρηστών στη διαδικασία προμήθειας desktop εφαρμογών.

Στην άλλη όχθη του Ατλαντικού, η τότε Ευρωπαϊκή Κοινότητα, πλέον Ευρωπαϊκή Ένωση, ανέπτυξε το Ευρωπαϊκό Εγχειρίδιο Προμήθειας για Ανοικτά Συστήματα (European Procurement Handbook for Open Systems-EPHOS). Ήταν σε μεγάλο βαθμό βασισμένο στις προδιαγραφές του UK GOSIP με επιπλέον στοιχεία από τη Γερμανία και τη Γαλλία. Στην Ευρώπη δόθηκε μεγάλη έμφαση στον ορισμό προτυποποιημένων προφίλ (standardized profiles), ομοίως με το US GOSIP, για δύο λόγους. Αφενός, η ευρωπαϊκή αγορά

χαρακτηριζόταν από μεγαλύτερο αριθμό κατασκευαστών υπολογιστών από ότι η Β. Αμερική και κατά συνέπεια μεγαλύτερη δυσκολία για την επίτευξη διαλειτουργικότητας. Αφετέρου, η ανάγκη για συνεργασία και διαλειτουργικότητα μεταξύ των κρατών-μελών της Ε.Ε. ήταν μεγάλη (Hartmann, 1990).

Ομοίως με το πεδίο της δικτύωσης, στο πεδίο της πληροφορικής, το Ινστιτούτο Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών (Institute of Electrical and Electronic Engineers-IEEE) και ο ISO ενέκριναν το πρότυπο Διεπαφής Φορητών Λειτουργικών Συστημάτων (Portable Operating System Interface-POSIX) το 1992, ενώ το 1996 ο ISO ενέκρινε το Μοντέλο Αναφοράς Ανοικτής Κατανεμημένης Επεξεργασίας (Open Distributed Processing (ODP) Reference Model), μετά από μια δεκαετία εργασιών πάνω στην προτυποποίηση.

Τα τελευταία χρόνια, το αυξανόμενο ενδιαφέρον, που συγκεντρώνει ο τομέας της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης, έχει τοποθετήσει τα προαναφερθέντα ζητήματα σε θέσεις υψηλής προτεραιότητας για τη δημόσια διοίκηση των κρατών. Πλέον, ο προβληματισμός είναι παγκόσμιος και ειδικότερα οι ευρωπαϊκές υπηρεσίες συμμετέχουν ενεργά σε συζητήσεις και στην αναζήτηση λύσεων για προβλήματα σχετικά με τη διαλειτουργικότητα. Έχουν γίνει μεγάλες επενδύσεις στην προμήθεια ΤΠΕ για την παροχή υπηρεσιών ηλεκτρονικής διακυβέρνησης, ενώ παράλληλα χαράσσονται πολιτικές για να εξασφαλιστεί πως οι προμηθευτές ΤΠΕ συμμορφώνονται με τα ανοικτά πρότυπα, μερικές φορές και με το λογισμικό ανοικτού κώδικα. Επιπροσθέτως, έχουν αρχίσει να υλοποιούνται νέοι τρόποι παροχής δημόσιων υπηρεσιών που περιλαμβάνουν μια πελατο-κεντρική προσέγγιση, η οποία κρύβει την πολυπλοκότητα των διοικητικών διαδικασιών, και υψηλό βαθμό αλληλεπίδρασης μεταξύ τοπικών, περιφερειακών, εθνικών και ευρωπαϊκών διοικήσεων. Σε αυτό το πλαίσιο, η διαλειτουργικότητα κατέχει ρόλο-κλειδί και αποτελεί θεμελιώδη αρχή στη σύλληψη και την υλοποίηση πρωτοβουλιών ηλεκτρονικής διακυβέρνησης .

2.3 Διαστάσεις της Διαλειτουργικότητας

Όπως αναφέραμε στην προηγούμενη ενότητα, η διαλειτουργικότητα αποτελεί μια πολυδιάστατη έννοια και αυτές τις διαστάσεις θα προσπαθήσουμε να αναλύσουμε σε αυτή την ενότητα.

Το Ευρωπαϊκό Πλαίσιο Διαλειτουργικότητας (European Interoperability Framework-EIF) διαχωρίζει τη διαλειτουργικότητα σε 3 επίπεδα: την τεχνική, τη σημασιολογική και την οργανωσιακή διαλειτουργικότητα. Στη δεύτερη έκδοσή του προστέθηκε η νομική διαλειτουργικότητα και το γενικότερο πολιτικό πλαίσιο. Σε παρόμοιο μοντέλο, το Ευρωπαϊκό Δίκτυο Δημόσιας Διοίκησης (European Public Administration Network-EUPAN) προσθέτει τη διάσταση της δομημένης υποστήριξης και επικοινωνίας με τον πελάτη και πέρα από τις τέσσερις διαστάσεις εισάγει και την έννοια της διοίκησης της διαλειτουργικότητας (interoperability governance) ως συντονιστή των υπόλοιπων βαθμίδων. Τέλος, το Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Τηλεπικοινωνιακών Προτύπων (European Telecommunications Standards Institute-ETSI) εισάγει το επίπεδο της συντακτικής διαλειτουργικότητας μεταξύ αυτών της τεχνικής και της σημασιολογικής. Επιλέξαμε την τελευταία κατηγοριοποίηση, καθώς όσον αφορά θεσμικές ρυθμίσεις υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ τεχνικής και συντακτικής διαλειτουργικότητας. Οι διαστάσεις συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα και αναλύονται στη συνέχεια .

Διάσταση	Στόχος	Αντικείμενα	Λύσεις	Κατάσταση Γνώσης
Τεχνική	Τεχνικά ασφαλής μεταφορά δεδομένων	Σήματα	Πρωτόκολλα μεταφοράς δεδομένων	Πλήρως ανεπτυγμένη
Συντακτική	Επεξεργασία ληφθέντων δεδομένων	Δεδομένα	Τυποποιημένη μορφή ανταλλαγής δεδομένων	Πλήρως ανεπτυγμένη

			π.χ. XML	
Σημασιολογική	Επεξεργασία και ερμηνεία ληφθέντων δεδομένων	Πληροφορία	Κοινοί κατάλογοι, κλειδιά δεδομένων, οντολογίες	Θεωρητικά ανεπτυγμένη, αλλά με προβλήματα υλοποίησης
Οργανωσιακή	Αυτόματη σύνδεση διαδικασιών μεταξύ διαφορετικών συστημάτων	Διαδικασίες (ροής εργασίας)	Μοντέλα αρχιτεκτονικής, Τυποποιημένα στοιχεία διαδικασιών π.χ. SOA με WSDL, BPML	Έλλειψη σαφήνειας στη σύλληψη, αόριστες έννοιες με μεγάλο εύρος ερμηνείας

Πίνακας : Επίπεδα Διαλειτουργικότητας

2.3.1 Θεσμική Διαλειτουργικότητα

Ο τρόπος λειτουργίας των φορέων της δημόσιας διοίκησης καθορίζεται από πληθώρα νομικών και κανονιστικών διατάξεων, οι οποίες περιγράφουν, μεταξύ άλλων, την οργάνωση και τις αρμοδιότητές τους, τις διαδικασίες που ακολουθούν για την παροχή υπηρεσιών σε πολίτες, επιχειρήσεις και άλλα νομικά πρόσωπα, καθώς και τις υποχρεώσεις συνεργασίας και ανταλλαγής στοιχείων με άλλους φορείς (εποπτεύοντες, εποπτευόμενους, συνεργαζόμενους). Συνεπώς, η μεταφορά των διαδικασιών, που ακολουθούν και των υπηρεσιών, που παρέχουν οι φορείς σε περιβάλλον ηλεκτρονικής διακυβέρνησης, προϋποθέτει την αντιμετώπιση μίας σειράς θεμάτων νομικής φύσης, όπως:

- Εντοπισμός και προσαρμογή των νομικών διατάξεων που διέπουν την εκτέλεση των διαδικασιών και την παροχή των υπηρεσιών, έτσι ώστε να προβλέπεται η χρήση ηλεκτρονικών μέσων.

- Διασφάλιση της εγκυρότητας και της νομικής ισχύος των αποτελεσμάτων των διαδικασιών/υπηρεσιών, όταν αυτά παρέχονται με ηλεκτρονικά μέσα.
- Προστασία της ιδιωτικότητας και των προσωπικών και ευαίσθητων δεδομένων των αποδεκτών των ηλεκτρονικών υπηρεσιών.

Σε περίπτωση που περισσότεροι του ενός φορείς επικοινωνούν, ανταλλάσσουν ηλεκτρονικά δεδομένα ή διαλειτουργούν για την παροχή ολοκληρωμένων ηλεκτρονικών υπηρεσιών, είναι απαραίτητο να εξεταστεί και να διευθετηθεί επιπλέον το θέμα της αναρμόνισης/προσαρμογής των νομοθετικών διατάξεων, που διέπουν τη λειτουργία τους.

Σε περίπτωση που περισσότεροι του ενός φορείς επικοινωνούν, ανταλλάσσουν ηλεκτρονικά δεδομένα ή διαλειτουργούν για την παροχή, η μη έγκαιρη και ορθή αντιμετώπιση των παραπάνω θεμάτων δυσχεραίνει ή αποκλείει πλήρως τη διαλειτουργικότητα σε θεσμικό επίπεδο. Επιπλέον, δεδομένου ότι η διασφάλιση θεσμικής διαλειτουργικότητας αποτελεί προϋπόθεση για την επίτευξη διαλειτουργικότητας σε οργανωσιακό, σημασιολογικό και τεχνικό επίπεδο, είναι σαφές ότι η μη επίτευξη θεσμικής διαλειτουργικότητας μεταξύ δύο ή περισσότερων φορέων καθιστά προβληματική ή αδύνατη τη μεταξύ τους διαλειτουργικότητα σε οποιοδήποτε επίπεδο.

Ο τρόπος εκτέλεσης κάθε διαδικασίας στη δημόσια διοίκηση και συνεπώς, ο τρόπος παροχής μίας υπηρεσίας διέπονται από μία ή περισσότερες νομικές διατάξεις. Ο τρόπος εκτέλεσης κάθε διαδικασίας στη δημόσια διοίκηση και συνεπώς, ο τρόπος παροχής μίας υπηρεσίας, διέπονται από μία ή περισσότερες νομικές διατάξεις. Κατά αντίστοιχο τρόπο, κάθε αλλαγή στις διαδικασίες/υπηρεσίες πρέπει να συνοδεύεται και από τις αντίστοιχες νομικές διατάξεις. Κατά αντίστοιχο τρόπο, κάθε αλλαγή στις διαδικασίες/υπηρεσίες πρέπει να συνοδεύεται και από τις αντίστοιχες αλλαγές των διατάξεων του νομικού πλαισίου.

Η εγκυρότητα των αποτελεσμάτων παροχής μίας υπηρεσίας έχει ιδιαίτερη σημασία στην περίπτωση παροχής της υπηρεσίας με ηλεκτρονικά μέσα. Έτσι, εάν το νομικό πλαίσιο δεν κατοχυρώνει τη χρήση ηλεκτρονικών μέσων για την παροχή μίας υπηρεσίας, το αποτέλεσμα της δεν μπορεί να θεωρηθεί έγκυρο και να έχει νομική ισχύ.

Πέραν της νομιμότητας των αποτελεσμάτων μιας υπηρεσίας, είναι σημαντικό να υπάρχει σαφώς η πολιτική με την οποία ένας φορέας διαθέτει την υπηρεσία, οι άδειες που διέπουν τη χρήση των δεδομένων που παρέχονται μέσω της υπηρεσίας, καθώς, επίσης, και τα πρότυπα μνημόνια συνεργασίας που διευκολύνουν την επαναχρησιμοποίηση των δεδομένων αυτών.

Κάθε φορά η δημόσια διοίκηση θα πρέπει να εκδίδει πολιτική διάθεσης δεδομένων και παροχής υπηρεσιών, που θα πρέπει να καθορίζει:

- Τις άδειες διάθεσης και περαιτέρω χρήσης δημοσίων δεδομένων,
- Τη διαδικασία εκκαθάρισης δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας τρίτων για πληροφορία, που διατίθεται με υπηρεσίες του φορέα της δημόσιας διοίκησης,
- Την πολιτική επεξεργασίας, διαμοιρασμού και περαιτέρω διάθεσης δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα,
- Το ελάχιστο επίπεδο υπηρεσιών, που θα παρέχει ο φορέας του δημοσίου σε άλλους φορείς του δημοσίου και τρίτων
- Πρότυπα μνημόνια συνεργασίας για τους φορείς, που θέλουν να χρησιμοποιήσουν τα δεδομένα του φορέα.

Οι πολιτικές διάθεσης δεδομένων θα πρέπει να κάνουν χρήση τυποποιημένων δημοσίων αδειών ανοιχτού περιεχομένου, δεδομένων και λογισμικού ή άλλες άδειες, που να ακολουθούν τα πρότυπα που αναφέρονται στο Πλαίσιο Πιστοποίησης Δημοσίων Διαδικτυακών Τόπων.

Για την εναρμόνιση του θεσμικού πλαισίου, σε περίπτωση συνεργασίας δύο ή περισσότερων φορέων για την παροχή ολοκληρωμένων-ηλεκτρονικών ή μη-υπηρεσιών δεν αρκεί η εκτέλεση αλλαγών στις νομικές διατάξεις που διέπουν τη λειτουργία ενός μόνο φορέα, προκειμένου να κατοχυρωθεί νομικά η σύνθετη υπηρεσία. Αντίθετα, απαιτείται η συνδυασμένη προσαρμογή των νομικών διατάξεων, που περιγράφουν τις διαδικασίες που εκτελούνται σε κάθε φορέα για την παροχή της σύνθετης υπηρεσίας.

Μία καλή πρακτική, που θα μπορούσε να ακολουθηθεί, θα ήταν να αναλάβει το ρόλο του συντονιστή ο φορέας που θα παρέχει την υπηρεσία στους τελικούς αποδέκτες της, δηλαδή ο φορέας που αποτελεί το σημείο εξυπηρέτησης.

Αντίστοιχα, όταν οι φορείς ανήκουν στον ίδιο τομέα της δημόσιας διοίκησης, το ρόλο του συντονιστή θα μπορούσε να αναλάβει το αρμόδιο εποπτεύον Υπουργείο ή η εποπτεύουσα Γενική Γραμματεία. Για παράδειγμα, αν δύο ή περισσότεροι φορείς κοινωνικής ασφάλισης επιθυμούν να διαλειτουργήσουν (π.χ. για τον υπολογισμό της σύνταξης σε περίπτωση διαδοχικής ασφάλισης), το ρόλο του φορέα που θα συντόνιζε τη διαδικασία εναρμόνισης των σχετικών νομοθετικών διατάξεων θα μπορούσε να αναλάβει ή Γενική Γραμματεία Κοινωνικών Ασφαλίσεων ή το Υπουργείο Απασχόλησης και Κοινωνικής Προστασίας.

Όσον αφορά την Διασφάλιση της ιδιωτικότητας και προστασίας προσωπικών δεδομένων, η αξιοποίηση υπηρεσιών ηλεκτρονικής διακυβέρνησης, απαιτεί συλλογή και επεξεργασία διαφορετικού είδους πληροφοριών, όπως προσωπικών δεδομένων, των οποίων η προστασία, επεξεργασία και μη αποκάλυψη και δημοσιοποίηση αποτελεί βασική κανονιστική απαίτηση, σύμφωνα με τις ειδικότερες προϋποθέσεις και εγγυήσεις της σχετικής νομοθεσίας, που πρέπει να εκπληρώνεται από τις υπηρεσίες ηλεκτρονικής διακυβέρνησης.

2.3.2 Οργανωσιακή Διαλειτουργικότητα

Η οργανωσιακή διαλειτουργικότητα σχετίζεται με την προετοιμασία των οργανωτικών δομών και των επιχειρησιακών διαδικασιών, οι οποίες θα πρέπει να είναι ικανές να συνυπάρχουν με τη συνεχώς αυξανόμενη ανάγκη της επικοινωνίας σε επίπεδο δεδομένων, πληροφορίας και γνώσης χωρίς περιορισμούς και όρια. Οι οργανωτικές δομές πρέπει να μεταφερθούν από γραφειοκρατικές, σε πληροφοριοκεντρικές.

Κινούμενη στην αλλαγή των οργανωτικών δομών, η οργανωσιακή διαλειτουργικότητα περιλαμβάνει τον ανασχεδιασμό:

- Των διαδικασιών
- Των ροών εργασίας
- Της πληροφορίας και
- Των οργανισμών, οι οποίοι αποσκοπούν στη συνεργασία, δεδομένου ότι αυτοί έχουν διαφορετική εσωτερική δομή και διαδικασίες.

Κατά συνέπεια, στο επίπεδο αυτό θα πρέπει να γίνουν οι απαραίτητες ενέργειες εναρμόνισης ευθυγράμμισης των λειτουργιών και διαδικασιών των οργανισμών, ώστε να καταστεί εφικτή η συνεργατική λειτουργία αυτών ως μια οντότητα, για την επίτευξη των κοινών σκοπών. Πράγματι, ο συσχετισμός και συντονισμός των διαδικασιών και ροών εργασίας των οργανισμών αποτελεί βασική προϋπόθεση για τη δόμηση και παροχή ολοκληρωμένων - ενοποιημένων και διάφανων προς τον τελικό χρήστη υπηρεσιών, μέσω της σύνθεσης επιμέρους απλούστερων υπηρεσιών των εμπλεκόμενων οργανισμών.

Είναι σαφές ότι η διαδικασία αυτή, συνεπάγεται τη διάσπαση των διοικητικών στεγανών και ορίων των επιμέρους οργανισμών. Ωστόσο, προκειμένου να επιτευχθεί κάτι τέτοιο απαιτείται ο κριτικός αναστοχασμός και η αξιολόγηση όλων των διαδικασιών των εμπλεκόμενων οργανισμών, αλλά και του τρόπου με τον οποίο αυτοί επικοινωνούν, έτσι ώστε να ανασχεδιαστούν βελτιωμένες διαδικασίες και να αντιμετωπιστούν πιθανά εμπόδια στην συνεργασία (νομικά, διοικητικά κ.α.).

Για τη διαφοροποίηση μεταξύ της ολοκλήρωσης πληροφοριών και διαδικασιών θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η ολοκλήρωση της πληροφορίας αποσκοπεί στην διευκόλυνση της ροής των πληροφοριών. Με άλλα λόγια, αφορά την διευκόλυνση της πρόσβασης σε δομημένες πηγές πληροφορίας, οι οποίες υπερβαίνουν τα όρια του οργανισμού. Επίσης, η ολοκλήρωση των διαδικασιών αναφέρεται στο συσχετισμό των ενεργειών των επιμέρους εμπλεκόμενων οργανισμών για την παροχή νέων συνδυασμένων υπηρεσιών. Επομένως, η επίτευξη πρόσβασης σε ετερογενείς πηγές πληροφορίας δεν επαρκεί. Προκειμένου να επιτευχθεί, δηλαδή, η δημιουργία και παροχή ενοποιημένων και διάφανων προς το χρήστη

υπηρεσιών, θα πρέπει να ενοποιηθούν-ευθυγραμμιστούν και οι επιμέρους διαδικασίες των επιμέρους οργανισμών.

Για την καλύτερη κατανόηση, εμβάθυνση και διαχείριση της Οργανωσιακής Λειτουργικότητας πρέπει να κατανοηθούν και να εφαρμοστούν διαδικασίες που σχετίζονται με:

- Την Διαχείριση Επιχειρησιακών Διαδικασιών (Business Process Management,BPM)
- Τον Ανασχεδιασμό Επιχειρησιακών Διαδικασιών (Business Process Re-engineering,BPR)
- Την Ευθυγράμμιση/Εναρμόνιση Διαδικασιών (Process Alignment,PR)
- Τον μετασχηματισμό των διαδικασιών (Process Transformation,PT)

2.3.3 Σημασιολογική Διαλειτουργικότητα

Η θεσμική διαλειτουργικότητα ξεκινά από το πρόβλημα της ετερογένειας σε επίπεδο νόμων και κανονιστικών διατάξεων, που διέπουν τη λειτουργία δύο ή περισσότερων φορέων, οι οποίοι επιθυμούν να συνεργαστούν, για τη μεταξύ τους ανταλλαγή πληροφοριών ή και την παροχή ολοκληρωμένων ηλεκτρονικών υπηρεσιών προς πολίτες, επιχειρήσεις άλλους φορείς και αποσκοπεί στο να διασφαλίσει ότι οι ηλεκτρονικά ανταλλασσόμενες πληροφορίες έχουν την ίδια νομική ισχύ για όλους τους εμπλεκόμενους φορείς.

Παραπλήσια, η επιχειρησιακή διαλειτουργικότητα ξεκινά και αυτή από το πρόβλημα της ετερογένειας σε επίπεδο επιχειρήσεων και των διαδικασιών που τις διατρέχουν, καθιστώντας τες ανίκανες να συνεργαστούν. Βέβαια, η επίτευξη της επιχειρησιακής διαλειτουργικότητας προϋποθέτει τη συναίνεση, κυρίως, των επιχειρήσεων μιας εφοδιαστικής αλυσίδας, μετατρέποντας από κοινού τους κανόνες των διαδικασιών, επιτυγχάνοντας συνεργασίες, μέσα σε ένα πλαίσιο win-to win, κάτι το οποίο φαντάζει πολύ πιο εύκολο.

Παρ' όλα ταύτα, το πρόβλημα της περαιτέρω ανάπτυξης και διασύνδεσής των με τις κυβερνητικές διαλειτουργικές υπηρεσίες, παραμένει άλυτο, αν τελικά δεν συμμορφωθούν με τα κρατικά πρότυπα. Λόγω των παραπάνω, η έρευνα του ιδιωτικού τομέα, συγκλίνει προς την κυβερνητική διαλειτουργικότητα, χωρίς, όμως, να απαρνιέται την έρευνα προς την επιχειρησιακή.

Αντίστοιχα, η οργανωσιακή διαλειτουργικότητα ξεκινά από το πρόβλημα της ετερογένειας σε επίπεδο διαδικασιών και κανόνων ανάμεσα σε διαφορετικούς φορείς και στοχεύει στην διαμόρφωση ενός κοινού πλαισίου, βάσει του οποίου θα καθίσταται εφικτή η διαφανής προς το χρήστη διαλειτουργικότητα των διαδικασιών αυτών. Ομοίως, η τεχνική διαλειτουργικότητα ξεκινά από το πρόβλημα της ετερογένειας σε επίπεδο τεχνολογικών περιβαλλόντων, προτύπων και σχημάτων δεδομένων, τα οποία δυσχεραίνουν τη συνεργασία μεταξύ των πληροφοριακών συστημάτων των διαφόρων φορέων.

Η αντιμετώπιση αυτής της ετερογένειας συνίσταται στην κοινή υιοθέτηση τεχνολογικών υποδομών και προτύπων. Το πρόβλημα της σημασιολογικής ετερογένειας, από το οποίο πηγάζει η ανάγκη για σημασιολογική διαλειτουργικότητα, εντοπίζεται στην ανάγκη για την κοινή συμφωνία οργανισμών, διαδικασιών και συστημάτων γύρω από τα δεδομένα που αυτά διαχειρίζονται, καθώς και τη σημασία τους για κάθε συμμετέχοντα. Για την επίτευξη της διαλειτουργικότητας σε σημασιολογικό επίπεδο, απαιτείται η υιοθέτηση τεχνολογιών και μεθόδων σημασιολογικής ολοκλήρωσης, πάντα σε συνέργεια με τα άλλα δύο επίπεδα διαλειτουργικότητας.

Η ικανότητα ανταλλαγής πληροφορίας -αν και αποτελεί μια σημαντική παράμετρο- ωστόσο από μόνη της δεν επαρκεί. Το ζητούμενο σήμερα δεν είναι απλώς και μόνο η ανταλλαγή της πληροφορίας, αλλά και η ικανότητα αποδοτικής χρήσης της. Κινούμενοι προς αυτή τη κατεύθυνση θα πρέπει η ανταλλασσόμενη πληροφορία να ερμηνεύεται ενιαία και με τον ίδιο τρόπο από όλους τους εμπλεκόμενους. Δηλαδή, θα πρέπει να διασφαλιστεί η απουσία ασαφειών κατά την ερμηνεία της πληροφορίας. Η ικανότητα αυτή αναφέρεται στην βιβλιογραφία ως «σημασιολογική διαλειτουργικότητα». Η ανάγκη τόσο τεχνικής όσο και σημασιολογικής διαλειτουργικότητας αποτυπώνεται σε αρκετούς ορισμούς.

Η IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) ορίζει την διαλειτουργικότητα ως την ικανότητα δύο ή περισσότερων συστημάτων να ανταλλάσσουν πληροφορία και να χρησιμοποιούν την πληροφορία, η οποία έχει ανταλλαχθεί, ενώ η EICTA ορίζει την διαλειτουργικότητα ως την ικανότητα δύο ή περισσότερων δικτύων, συστημάτων, συσκευών ή εφαρμογών να ανταλλάσσουν πληροφορία και να χρησιμοποιούν την ανταλλαχθείσα πληροφορία. Τέλος, το μοντέλο αναφοράς NCT3A (ένα μοντέλο που προκύπτει από το πλαίσιο του NATO) διαχωρίζει τα εξής επίπεδα διαλειτουργικότητας των συστημάτων:

- **Καμία ανταλλαγή δεδομένων:** Δεν υφίσταται καμία φυσική επικοινωνία μεταξύ των συστημάτων. Με άλλα λόγια, το εκάστοτε σύστημα αποτελεί μια απομονωμένη νησίδα πληροφορίας.
- **Ανταλλαγή μη δομημένων δεδομένων:** Τα συστήματα ανταλλάσσουν μη δομημένης μορφής πληροφορία (συνήθως υπό τη μορφή ελεύθερου κειμένου) η ερμηνεία της οποίας γίνεται από τον ανθρώπινο χρήστη.
- **Ανταλλαγή δομημένων δεδομένων:** Τα συστήματα ανταλλάσσουν δομημένης μορφής πληροφορία ωστόσο η ερμηνεία της εξακολουθεί να γίνεται από τον ανθρώπινο χρήστη.
- **Ανταλλαγή δεδομένων με διάφανο στον χρήστη τρόπο:** Η ανταλλαγή δεδομένων πραγματοποιείται αυτόματα με διάφανο προς τον χρήστη τρόπο, χρησιμοποιώντας ένα κοινό μοντέλο ανταλλαγής δεδομένων.
- **Ανταλλαγή πληροφορίας με διάφανο στον χρήστη τρόπο:** Ενιαία ερμηνεία της πληροφορίας

2.3.4 Τεχνική Διαλειτουργικότητα

Η τεχνική διαλειτουργικότητα αναφέρεται και καλύπτει τις τεχνικές πτυχές του ζητήματος της διαλειτουργικότητας (τεχνολογίες, πρότυπα, πρωτόκολλα, διεπαφές, διασυνδέσεις υπηρεσιών, ενοποίηση δεδομένων, ενδιάμεσο λογισμικό, παρουσίαση και ανταλλαγή δεδομένων, προσβασιμότητα και ασφάλεια υπηρεσιών).

Απώτερος στόχος είναι να διασφαλιστεί ότι τα Πληροφοριακά συστήματα των οργανισμών μπορούν να επικοινωνήσουν, να ανταλλάξουν πληροφορίες και να επιτύχουν την συνεργατική εργασία. Προς τούτο είναι απαραίτητη η συμφωνία για τη χρήση κοινών προτύπων και πρωτοκόλλων μεταξύ των εμπλεκόμενων οργανισμών ή τη δημιουργία μηχανισμών αντιστοίχισης μεταξύ των διαφορετικών δομών δεδομένων που χρησιμοποιούν οι επιμέρους οργανισμοί.

Στο πλαίσιο αυτό, παρουσιάστηκε η τυπολογία Levels of Information System Interoperability, μέσω της οποίας είναι εφικτή η κατηγοριοποίηση της ωριμότητας της τεχνικής διαλειτουργικότητας των πληροφοριακών συστημάτων. Σύμφωνα με την μεθοδολογία αυτή, υπάρχουν τα εξής επίπεδα:

- **Απομονωμένα συστήματα:** Δεν υφίσταται φυσική σύνδεση μεταξύ των συστημάτων
- **Διασυνδεδεμένα συστήματα:** Τα συστήματα είναι διασυνδεδεμένα ηλεκτρονικά-δικτυακά, ωστόσο κάθε σύστημα διατηρεί τις δικές του εφαρμογές
- **Κατανεμημένα συστήματα:** Μικρό σύνολο κοινών λειτουργιών. Κάθε σύστημα διατηρεί το δικό του σύνολο δεδομένων και εφαρμογών, ενώ είναι δυνατή η ανταλλαγή ετερογενών δεδομένων.
- **Ολοκληρωμένα συστήματα:** Κοινές εφαρμογές-βάσεις δεδομένων
- **Εταιρικά συστήματα:** ευφυής και αλληλεπιδραστική συνεργασία των επιμέρους συστημάτων.

Το μοντέλο NCT3A, που αναφέρθηκε προηγουμένως, κατηγοριοποιεί την τεχνική διαλειτουργικότητα σε 4 επίπεδα:

- ❖ **Αδόμητη Ανταλλαγή Δεδομένων:** Το συγκεκριμένο επίπεδο περιλαμβάνει την ανταλλαγή δεδομένων, τα οποία είναι αδόμητα και κατανοητά από ανθρώπινους χρήστες, π.χ. ελεύθερο κείμενο, αναλύσεις και λοιπά έγγραφα.
- ❖ **Δομημένη Ανταλλαγή Δεδομένων:** το επίπεδο αυτό περιλαμβάνει την ανταλλαγή δομημένων δεδομένων, τα οποία είναι κατανοητά από ανθρώπινους χρήστες και τα οποία προορίζονται για χειρωνακτική ή αυτοματοποιημένη επεξεργασία, αλλά απαιτούν χειρωνακτική συλλογή και αποστολή.
- ❖ **Απρόσκοπτη Ανταλλαγή Δεδομένων:** Το συγκεκριμένο επίπεδο περιλαμβάνει την αυτοματοποιημένη ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ συστημάτων στη βάση ενός κοινώς αποδεκτού μοντέλου για την υλοποίηση της ανταλλαγής αυτής.
- ❖ **Απρόσκοπτη Ανταλλαγή Πληροφοριών:** Μία επέκταση του προηγούμενου επιπέδου, αυτό το επίπεδο εγκαθιστά μια καθολική αντίληψη της ανταλλασσόμενης πληροφορίας, μέσω της συνεργατικής επεξεργασίας των ανταλλασσόμενων δεδομένων.

Επιπροσθέτως, υπάρχει το μοντέλο OIMM (Organizational Interoperability Maturity Model), όπου ο διαχωρισμός των επιπέδων γίνεται δίνοντας έμφαση στην τεχνολογία και δίνεται έμφαση στους χρήστες και τους ρόλους. Τα επίπεδα αυτά είναι :

- **Ανεξάρτητο:** Στο επίπεδο αυτό, ο όρος διαλειτουργικότητα περιγράφει την αλληλεπίδραση μεταξύ ανεξάρτητων οργανισμών.
- **Ad hoc:** Σε αυτό το επίπεδο διαλειτουργικότητας μόνο περιορισμένα πλαίσια βρίσκονται εγκατεστημένα/υιοθετημένα, που μπορούν να υποστηρίξουν ad hoc διακανονισμούς η συνεννοήσεις.

- **Συνεργατικό:** Το συνεργατικό επίπεδο διαλειτουργικότητας υπάρχει όταν αναγνωρισμένα και αποδεκτά πλαίσια έχουν υιοθετηθεί και μπορούν να υποστηρίξουν τη διαλειτουργικότητα, συνεργασίες, αλλά και την ύπαρξη κοινώς αποδεκτών στόχων, ρόλων και ευθυνών μεταξύ των οργανισμών. Παρόλα αυτά, οι οργανισμοί εξακολουθούν να παραμένουν διακριτοί.
- **Ενοποιημένο:** Το συγκεκριμένο επίπεδο διαλειτουργικότητας ορίζεται από την ύπαρξη κοινώς αποδεκτών αξιών και στόχων, καθώς και κοινής κατανόησης και ετοιμότητας για διαλειτουργικότητα.
- **Καθολικό:** Το επίπεδο αυτό ορίζεται από την ύπαρξη ενοποιημένων οργανισμών, στους οποίους αξίες, στόχοι, εντολές, οργανωτικές δομές και γνώση μοιράζονται από κοινού κατά μήκος ολόκληρου του οργανισμού. Τέτοιοι οργανισμοί έχουν την δυνατότητα να είναι διαλειτουργικοί σε συνεχή βάση.

Η επίτευξη της τεχνικής διαλειτουργικότητας αποτελεί τη βάση (προαπαιτούμενο) για την επίτευξη των άλλων επιπέδων διαλειτουργικότητας, δεδομένου ότι στο επίπεδο αυτό καθορίζονται τα πρότυπα μέσω των οποίων επιτυγχάνεται η διαλειτουργικότητα από τεχνικής άποψης. Επίσης, θα πρέπει να επισημανθεί ότι στο επίπεδο αυτό καθορίζονται όλα τα σχετικά τεχνικά πρότυπα στα οποία βασίζονται τα άλλα επίπεδα.

2.4 Διοίκηση της Διαλειτουργικότητας

Ενώ η τεχνική και η συντακτική διαλειτουργικότητα έχουν να κάνουν με καθιερωμένα πρότυπα, όπως τα TCP/IP, EDIFACT ή XML, που έχουν αναπτυχθεί και εκδοθεί από διεθνείς οργανισμούς προτυποποίησης, και για τη σημασιολογική διαλειτουργικότητα υπάρχουν έννοιες και μέθοδοι διαθέσιμες, αν και δεν έχουν καθιερωθεί ακόμα, για την οργανωσιακή διαλειτουργικότητα είναι πολύ λιγότερο προφανές τι πρέπει να καθιερωθεί, ποιος μπορεί να αναπτύξει και να εδραιώσει τα σωστά πρότυπα και τι χρειάζεται για τη λειτουργία και συντήρησή τους. Επίσης, οι ορισμοί είναι πολύ πιο ετερογενείς, τα ζητήματα που χρήζουν αντιμετώπισης είναι πολύ πιο ασαφή και δεν υπάρχουν σχεδόν καθόλου

κατηγοριοποιημένες μέθοδοι για την επίλυσή τους. Κάποιες προδιαγραφές απαιτήσεων για την οργανωσιακή διαλειτουργικότητα, συγκεκριμένα σε B2G (Business to Government) και G2G (Government to Government) σχέσεις, ορίζονται στις *Προτάσεις της Βιομηχανίας Τ.Π.Ε. για το Ε.Π.Δ. (ICT Industry Recommendations to the EIF)* .

Σύμφωνα λοιπόν με το Ευρωπαϊκό Πλαίσιο Διαλειτουργικότητας, «*Η οργανωσιακή διαλειτουργικότητα αφορά ένα ευρύ σύνολο στοιχείων αλληλεπίδρασης, που περιλαμβάνει επιχειρησιακές διαδικασίες, επιχειρησιακές διεπαφές όπως e-mail, διαδικτυακές πύλες, κλπ., επιχειρησιακά γεγονότα εντός και μεταξύ διοικήσεων, καθώς και γεγονότα «ζωής» που αφορούν τις εξωτερικές ομάδες: πολίτες και επιχειρήσεις. Η πτυχή αυτή της διαλειτουργικότητας ασχολείται με το πώς διαφορετικοί οργανισμοί, όπως για παράδειγμα οι διοικήσεις κρατών-μελών της Ε.Ε., συνεργάζονται για να πετύχουν τους αμοιβαία ευεργετικούς, αμοιβαία συμφωνημένους στόχους τους σχετικά με υπηρεσίες ηλεκτρονικής διακυβέρνησης. Τα συνεργαζόμενα μέρη οφείλουν να έρθουν σε λεπτομερή συμφωνία σχετικά με το πώς θα αλληλεπιδρούν οι διαδικασίες τους (συγχρονισμός και συνεργασία) ώστε να φτάνουν «οι δημόσιες υπηρεσίες όπου χρειάζονται». Η οργανωσιακή διαλειτουργικότητα στην πράξη σημαίνει την ομαλή ενσωμάτωση των επιχειρησιακών διαδικασιών και των ανταλλάσσόμενων πληροφοριών που χρησιμοποιούνται μεταξύ των οργανισμών. Στοχεύει επίσης στην εξυπηρέτηση των απαιτήσεων της κοινότητας χρηστών κάνοντας τις υπηρεσίες διαθέσιμες, εύκολα αναγνωρίσιμες, προσβάσιμες και προσαρμοσμένες στο χρήστη. Η οργανωσιακή διαλειτουργικότητα επιτυγχάνεται όταν τα εμπλεκόμενα μέρη συμφωνούν στο «γιατί» και στο «πότε» της ανταλλαγής πληροφοριών, σε κοινούς κανόνες για να κατοχυρωθεί ότι θα γίνεται ασφαλώς, με το ελάχιστο κόστος, σε συνεχή βάση, και όταν στη συνέχεια καταστρώνουν σχέδια για να πετύχουν τα παραπάνω και τα φέρνουν σε πέρας» .*

Όπως έχουμε προαναφέρει, το πλαίσιο του EUPAN (European Public Administration Network) παρέχει μεγαλύτερη διαύγεια στο διαχωρισμό των εννοιών, ξεχωρίζοντας τη διάσταση της διοίκησης της διαλειτουργικότητας και θεωρώντας το ζήτημα που διατρέχει κάθετα τις υπόλοιπες βαθμίδες και αφορά την οργάνωση των ενεργειών που πρέπει γίνουν σε αυτές, το συντονισμό των εμπλεκόμενων φορέων, την κατανομή αρμοδιοτήτων καθώς και τον έλεγχο του τελικού αποτελέσματος. Ακόμα, στις *Προτάσεις της Βιομηχανίας Τ.Π.Ε. για το Ε.Π.Δ.* διαχωρίζεται η πλευρά που βασίζεται στη νομοθεσία, σε διατάξεις και

πορίσματα δικαστηρίων από αυτή που έχει να κάνει με τα τεχνικά και λειτουργικά ζητήματα της διαλειτουργικότητας.

Με άλλα λόγια, παρουσιάζονται διαφορετικές, αλλά συμπληρωματικές απόψεις αναφορικά με το «τι» προτυποποιείται από τη μια πλευρά, και το «ποιος» αναπτύσσει και καθιερώνει αυτά τα πρότυπα, καθώς και το «πώς» οργανώνεται η λειτουργία και η συντήρηση αυτών των προτύπων διαλειτουργικότητας από την άλλη. Αυτή η οπτική του «ποιος» και «πώς» καλείται διοίκηση της διαλειτουργικότητας στο πλαίσιο EUPAN, και καλύπτει με τη σειρά της ζητήματα που χρήζουν περαιτέρω διαφοροποίησης.

Το πλαίσιο EUPAN ορίζει τη διοίκηση της διαλειτουργικότητας ως *«έχουσα ως αντικείμενο την ιδιοκτησία, τον ορισμό, την ανάπτυξη, τη συντήρηση, την παρακολούθηση και την προαγωγή των προτύπων, πρωτοκόλλων, πολιτικών και τεχνολογιών που απαρτίζουν τα διάφορα στοιχεία μιας αρχιτεκτονικής διαλειτουργικότητας»*. Στο ίδιο πλαίσιο τονίζεται η ανάγκη για συντονισμό όλων των κρατικών υπηρεσιών ενός κράτους-μέλους, ώστε να ξεπεραστούν τυχόν περιορισμοί, να μειωθεί το κόστος και να καθιερωθούν νέοι, καινοτόμοι τρόποι εργασίας πέρα από οργανωσιακούς περιορισμούς. Το πλαίσιο αυτό, με ισχυρή επίδραση από το Ιρλανδικό Πλαίσιο Διαλειτουργικότητας, προτείνει πως, ιδανικά, τα πρότυπα τεχνικής και σημασιολογικής διαλειτουργικότητας πρέπει να βρίσκονται υπό την επίβλεψη μιας και μόνο υπηρεσίας σε ένα κράτος-μέλος, ενώ για τα διάφορα θέματα οργανωσιακής διαλειτουργικότητας μπορούν να είναι υπεύθυνες διαφορετικές υπηρεσίες, ανάλογα με την κυβερνητική δομή της κάθε χώρας.

Αυτή είναι μια πολύ συγκεκριμένη πρόταση η οποία δεν είναι εφικτή σε όλα τα κράτη-μέλη και δεν καλύπτει ολόκληρο το εύρος μορφών διακυβέρνησης που συνήθως εντάσσονται υπό αυτό τον τίτλο (π.χ. ιεραρχίες, αγορές και δίκτυα), ενώ την ίδια στιγμή συγγείι το πολιτικό ζήτημα των θεσμικών ρυθμίσεων, δηλαδή το πού αναπτύσσονται τα πρότυπα και το πώς καθιερώνονται, με ζητήματα υλοποίησης αυτών των προτύπων μέσω της παροχής υπηρεσιών τεχνολογιών πληροφορικής (Τ.Π. στο εξής).

Ως εκ τούτου, προτείνεται ο διαχωρισμός των δυο αυτών όψεων. Η θεσμική πλευρά ταιριάζει με την καθιερωμένη κατανόηση της διοίκησης της διαλειτουργικότητας. Υπάρχει

όμως ανοικτή αντιπαράθεση υπό τον τίτλο της διακυβέρνησης Τ.Π., που αφορά τη διαχείριση της υποδομής Τ.Π. και των υπηρεσιών Τ.Π. Έτσι, θα καλυφθούν και τα δυο ζητήματα, διαχωρίζοντας πολιτική διακυβέρνηση και διοίκηση Τ.Π. ή θεσμική όψη και όψη υπηρεσιών Τ.Π. οι οποίες, σε συνδυασμό με μια τρίτη όψη, τη λειτουργική, αναφέρονται σε διαφορετικά είδη μέτρων που πρέπει να ληφθούν, όποτε επιθυμείται η επίτευξη διαλειτουργικότητας σε μια ηλεκτρονική υπηρεσία που παρέχεται από δύο ή περισσότερους οργανισμούς .

«Τί» πρέπει να προτυποποιηθεί: Η λειτουργική όψη

Σε αντιστοιχία με τους ορισμούς της τεχνικής, συντακτικής και σημασιολογικής διαλειτουργικότητας οι οποίοι περιορίζονται σε τεχνικά και λειτουργικά πρότυπα, αυτή η όψη αυτού που μέχρι στιγμής καλούμε οργανωσιακή διαλειτουργικότητα, θα πρέπει, επίσης, να περιορίζεται σε τεχνικά και λειτουργικά πρότυπα για την πολύπλευρη ευθυγράμμιση των επιχειρησιακών διαδικασιών πέρα από οργανωσιακά σύνορα, όπως πρότυπα για μοντελοποίηση διαδικασιών, αρχιτεκτονικές, κλπ.

Χτίζοντας πάνω σε τεχνικά, συντακτικά και σημασιολογικά πρότυπα καθίσταται δυνατή η ομαλή δικτύωση μεταξύ διαφορετικών συστημάτων Τ.Π.Ε. Ένα εξέχον παράδειγμα είναι οι S.O.A. (Service-Oriented Architectures – Αρχιτεκτονικές Προσανατολισμένες στις Υπηρεσίες), οι οποίες, χρησιμοποιώντας τυποποιημένες γλώσσες ορισμού επιχειρησιακών διαδικασιών, επιτρέπουν την κοινή περιγραφή δια-οργανωσιακών διαδικασιών, όπως διαδικτυακές υπηρεσίες ορισμένες σε WSDL (Web Services Description Language-Γλώσσα Περιγραφής Διαδικτυακών Υπηρεσιών) ή BPML (Business Process Modeling Language-Γλώσσα Μοντελοποίησης Επιχειρησιακών Διαδικασιών). Για να αποφευχθούν παρανοήσεις, λόγω της πολλαπλής χρήσης της λέξης «οργανωσιακή», στο εξής η διάσταση αυτή θα καλείται «Διαλειτουργικότητα Επιχειρησιακών Διαδικασιών-Business Process Interoperability».

2.5. Επίτευξη Διαλειτουργικότητας

Για την επίτευξη της διαλειτουργικότητας ενός συστήματος, πρέπει οι διεπαφές του να είναι δημόσια πλήρως τεκμηριωμένες.

Οι διαφορετικές και ποικίλες ανάγκες των δημόσιων φορέων, των οργανισμών και των επιχειρήσεων για υποστήριξη από συστήματα πληροφορικής, οι πολλές διαθέσιμες τεχνολογικές λύσεις και σχεδιαστικές επιλογές και το διαφορετικό επίπεδο ψηφιακής οργάνωσης κάθε οργανισμού οδηγούν στην σχεδίαση και τη δημιουργία εξειδικευμένων και ετερογενών πληροφοριακών συστημάτων, που μπορεί να καλύπτουν μεν τις ανάγκες ενός οργανισμού, αλλά δεν είναι σίγουρο ότι μπορούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους και να ανταλλάξουν στοιχεία και πληροφορίες για την επίτευξη ενός κοινού σκοπού.

Η λύση στο σοβαρό αυτό πρόβλημα δίνεται με τη θέσπιση διαδικασιών και προτύπων, για την εξασφάλιση ενός ικανοποιητικού επιπέδου μεταφοράς και χρησιμοποίησης της πληροφορίας με ομοιογενές και αποτελεσματικό τρόπο μεταξύ των ετερογενών πληροφοριακών συστημάτων.

Προϋποθέσεις για την εξασφάλιση διαλειτουργικότητας αποτελούν:

- Η υιοθέτηση ανοιχτών αρχιτεκτονικών, στις οποίες καθορίζονται η θέση και ο ρόλος κάθε υποσυστήματος. Η ανοιχτή αρχιτεκτονική ενός πληροφοριακού συστήματος είναι αυτή που προωθεί την ελευθερία επιλογών στα συστατικά του και επιτρέπει τη σύνθεση της προσφορότερης λύσης από εναλλάξιμα συστατικά, χωρίς να δεσμεύεται σε ιδιόκτητες τεχνολογίες και λύσεις ενός κατασκευαστή.
- Η ύπαρξη κοινών και ευρύτερα αποδεκτών προτύπων (Standards) που περιγράφουν τον τρόπο επικοινωνίας μεταξύ των υποσυστημάτων και τη μορφή των πληροφοριών που ανταλλάσσονται.
- Ο έλεγχος των προϊόντων από ανεξάρτητους οργανισμούς, για τη συμμόρφωσή τους με τα πρότυπα.



Εικόνα 3: Διαλειτουργικότητα και προϋποθέσεις

Πηγή: Ελληνικά Ακαδημαϊκά συγγράμματα και βοηθήματα

https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/412/1/02_chapter_07.pdf

Για την αποτελεσματική επικοινωνία σε επίπεδο δεδομένων μεταξύ κυβερνητικών οργανισμών και υπηρεσιών, με στόχο την ενιαία πρόσβαση πολιτών, επιχειρήσεων και οργανισμών στις δημόσιες υπηρεσίες και στα δημόσια δεδομένα, η χώρα μας ακολουθεί το Ελληνικό Πλαίσιο Παροχής Υπηρεσιών Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης (Greek Egif), που βασίζεται στο βρετανικό e-GIF και εξειδικεύεται για τις εγχώριες ανάγκες, δηλαδή τον καθορισμό του ελληνικού Government Category List και το σχεδιασμό ελληνικών σχημάτων XML.

Το ελληνικό e-GIF (electronic-Government Interoperability Framework, Ελληνικό Πλαίσιο Παροχής Υπηρεσιών Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης) θέτει τις τεχνικές, τις πολιτικές και τις προδιαγραφές για την επίτευξη της διαλειτουργικότητας και της συνοχής των συστημάτων πληροφορικής του δημόσιου τομέα στην Ελλάδα, καθώς και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ:

- Κυβέρνησης και πολιτών
- Κυβέρνησης και επιχειρήσεων

- Κυβέρνησης και οργανισμών
- Κυβέρνησης και άλλων κυβερνήσεων (μέσα και έξω από την Ευρωπαϊκή Ένωση)

Το ελληνικό e-GIF περιλαμβάνει κανόνες και πρότυπα για την υλοποίηση της γενικότερης στρατηγικής και αρχιτεκτονικής της ηλεκτρονικής διακυβέρνησης όσον αφορά:

- Την πιστοποίηση δημόσιων διαδικτυακών τόπων
- Την διαλειτουργικότητα μεταξύ πληροφοριακών συστημάτων
- Την ανάπτυξη υπηρεσιών ηλεκτρονικών συναλλαγών
- Την ψηφιακή αυθεντικοποίηση πολιτών και επιχειρήσεων
- Την ανοιχτή πρόσβαση σε δημόσια δεδομένα και έγγραφα

2.6 Χρησιμότητα της Διαλειτουργικότητας στην Ηλεκτρονική Διακυβέρνηση

Ενώ σίγουρα θα υπάρχει πλέον μια γενικότερη κατανόηση του ρόλου και της χρησιμότητας της διαλειτουργικότητας στη σύγχρονη διεθνή πραγματικότητα, κρίνεται σημαντικό σε αυτή την ενότητα να εστιάσουμε στα οφέλη που παρέχει και στην ευεργετική της επίδραση στους οργανισμούς στους οποίους εφαρμόζεται. Παρακάτω, απαριθμούνται και περιγράφονται σύντομα κάποια από αυτά τα οφέλη:

- ***Εξυπηρέτηση και ικανοποίηση διοικητικών πληροφοριακών αναγκών***

Η πληροφόρηση παρέχεται ανεξαρτήτως χρόνου και φυσικού χώρου. Οι πολίτες μπορούν να επιλέξουν το δίαυλο επικοινωνίας με τις υπηρεσίες της Δημόσιας Διοίκησης, καθώς παρέχεται η δυνατότητα πρόσβασης σε ηλεκτρονική πληροφορία μέσω του Διαδικτύου (customer centric). Η βελτίωση της διαδικασίας διακίνησης των διοικητικών εγγράφων μέσω πληροφοριακών συστημάτων διαμορφώνει

καλύτερες υπηρεσίες παροχής κυβερνητικών πληροφοριών και εξασφαλίζει “one-stop services”.

- ***Διαμοιρασμός και επαναχρησιμοποίηση δεδομένων***

Αποτελεσματικές υπηρεσίες πλήρως αυτοματοποιημένες και διασυνδεδεμένες με απώτερο στόχο την εξοικονόμηση χρημάτων από τη διαχείριση και επεξεργασία της ίδιας πληροφορίας.

- ***Διαφάνεια Δημόσιου Τομέα***

Η αποτελεσματική παροχή διοικητικών πληροφοριών, καθώς και η εξασφάλιση ποιοτικής διακίνησης και διαχείρισης της δημόσιας πληροφορίας οδηγεί στην επίτευξη της διαφάνειας στο Δημόσιο Τομέα.

- ***Αποφυγή απαξίωσης παλαιότερων υπολογιστικών συστημάτων***

Η μετάβαση σε σύγχρονα συστήματα και πλατφόρμες μπορεί σε μερικές περιπτώσεις να γίνει, αξιοποιώντας τα υπάρχοντα συστήματα μέσω ενδιάμεσου λογισμικού διαλειτουργικότητας. Έτσι, παρατείνεται η «ζωή» των υπάρχοντων συστημάτων και κοστίζει λιγότερο η συνολική αναβάθμιση.

- ***Μείωση της πολυπλοκότητας της υποδομής παροχής ηλεκτρονικών υπηρεσιών***

Στο άμεσο μέλλον προβλέπεται ότι θα εξακολουθούν να υπάρχουν διαφορετικά και ετερογενή συστήματα πληροφορικής. Η δυνατότητα των συστημάτων αυτών να επικοινωνούν μεταξύ τους μειώνει σημαντικά την πολυπλοκότητα της υποδομής πληροφορικής.

- ***Ισχυροποίηση των διεθνών σχέσεων***

Η επίτευξη της διαλειτουργικότητας σε διεθνές επίπεδο φέρνει πιο κοντά τα εμπλεκόμενα κράτη, ενθαρρύνοντας τη συνεργασία, με στόχο την πρόοδο ενώπιον κοινών προβλημάτων, δημιουργεί ένα αίσθημα σύμπνοιας και λειτουργεί ως παράδειγμα για την επίλυση διαφορών.

2.7. Ρίσκα και Προκλήσεις των Κυβερνήσεων για την Επίτευξη Διαλειτουργικότητας

Σε πολλές περιπτώσεις, οι οργανισμοί που αποτελούν ένα δίκτυο χαρακτηρίζονται από διαφορετικές, αλλά επικαλυπτόμενες επιχειρησιακές διαδικασίες και εξαρτώνται από παρόμοιες, αν όχι πανομοιότυπες, πληροφορίες. Αλληλεπιδρούν, επίσης, συχνά με τον ίδιο πληθυσμό ή ενδιαφερόμενους μετόχους, αλλά σε διαφορετικά χρονικά σημεία (Cresswell et al 2005). Συνεπώς, η βελτιωμένη διαλειτουργικότητα μεταξύ αυτών των οργανισμών κατέχει ρόλο κλειδί στην παροχή καλύτερων προγραμμάτων και υπηρεσιών. Ωστόσο, η λειτουργία εκτός των παραδοσιακών ορίων των υπηρεσιών, των κυβερνητικών επιπέδων και του ιδιωτικού τομέα είναι κάτι πολύπλοκο και απαιτητικό. Είναι δύσκολο, διότι, συχνά, απαιτεί ριζικές οργανωτικές αλλαγές σε συμμόρφωση με την τρέχουσα πολιτική, κοινωνική και οικονομική πραγματικότητα. Πολλές φορές οι κυβερνητικές δυνατότητες, που απαιτούνται για να προκαλέσουν την αλλαγή αυτή πέρα από σύνορα των οργανισμών, απουσιάζουν. Αρκετές προσπάθειες έχουν γίνει τα τελευταία χρόνια προς την κατεύθυνση της βελτίωσης της κυβερνητικής διαλειτουργικότητας, ωστόσο, ένα ζήτημα που τις χαρακτηρίζει είναι η υπέρ το δέον έμφαση στις τεχνολογικές διαστάσεις της διαλειτουργικότητας σε βάρος των διαστάσεων της πολιτικής και της διαχείρισης, οι οποίες αποτελούν κλειδιά για την επίτευξη της θεμελιώδους οργανωτικής αλλαγής που απαιτείται.

Η βελτίωση της διαλειτουργικότητας μέσω της χρήσης Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) μπορεί να αποφέρει οφέλη στις κυβερνήσεις και στους πολίτες. Οι ΤΠΕ., όταν σχεδιάζονται και λειτουργούν αποτελεσματικά, επιτρέπουν την επίτευξη διαλειτουργικότητας σε κυβερνητικά δίκτυα, τον ιδιωτικό τομέα και άλλους οργανισμούς-κλειδιά. Ωστόσο, η βελτίωση της διαλειτουργικότητας δεν εξαρτάται αποκλειστικά από τις τεχνολογίες αυτές, αλλά από ένα μίγμα δυνατοτήτων που μπορούν να παράγουν και οργανωσιακή, πέρα από τεχνική, διαλειτουργικότητα. Η υπέρ το δέον ΤΠΕ- και πελατοκεντρική προσέγγιση τείνει να κρύβει την πολυπλοκότητα των διοικητικών διαδικασιών και μπορεί να δώσει στις κυβερνήσεις μια εσφαλμένη αίσθηση ασφάλειας και να τις απομακρύνει από τη σημαντική προσπάθεια που απαιτείται για να δημιουργηθούν οι

δυνατότητες, που θα τους επιτρέψουν να συνεργάζονται αρμονικά και αποτελεσματικά (Guijarro 2007). Οι ριζικές αυτές αλλαγές, που απαιτούνται, τείνουν να εγείρουν τρία ζητήματα:

- Η δημιουργία διαλειτουργικότητας απαιτεί από τα πιθανά μέλη του δικτύου να επενδύσουν σε αλλαγές των εσωτερικών τους διαδικασιών, πρακτικών και τεχνικών πόρων ως απόρροια των νέων, εξωτερικά συμφωνηθέντων προτεραιοτήτων.
- Η δημιουργία διαλειτουργικότητας απαιτεί από τα πιθανά μέλη του δικτύου να δημιουργήσουν ή σε μερικές περιπτώσεις να ανανεώσουν τις διασυνοριακές τους σχέσεις. Επίσης, να αναγνωρίσουν και να διαχειριστούν τις προκλήσεις για τη δημιουργία δικτύου, συμπεριλαμβανομένης τόσο της δημιουργίας ή τροποποίησης επαρκούς νομικού πλαισίου, ώστε να καθιερωθούν νέοι τρόποι διαμοιρασμού πόρων, όπως τα χρήματα και τα δεδομένα, όσο και αντιμετώπισης πιθανών εμποδίων στην επικοινωνία και ζητημάτων όπως αποκλίνουσες πολιτικές και πρακτικές.
- Οι συμμετέχοντες, που στοχεύουν στη βελτίωση της διαλειτουργικότητας για το συντονισμό των κρατικών υπηρεσιών, δεν γνωρίζουν εκ των προτέρων όλους τους πόρους ή τα εργαλεία που απαιτούνται ή πώς να τα αποκτήσουν, ή ποια ακριβώς παραμετροποίηση παλαιών και νέων δυνατοτήτων χρειάζεται για να επιτευχθούν οι στόχοι της προσπάθειας (Cresswell et al, 2007).

Οι προσπάθειες των κυβερνήσεων να αντιμετωπίσουν αυτά τα προβλήματα μπορεί να εμπεριέχουν ρίσκο και να απαιτούν τη δέσμευση σημαντικών πόρων, χρηματικών και άλλων. Ο κίνδυνος προκύπτει από την τάση των κυβερνητικών υπηρεσιών να ανθίστανται σε προσπάθειες αλλαγής του τρόπου που λειτουργούν και από το γεγονός ότι η αποτυχία τέτοιων προσπαθειών αλλαγής μπορεί να θέσει σε κίνδυνο υπάρχουσες κυβερνητικές λειτουργίες και υπηρεσίες. Επιπροσθέτως, αυτού του τύπου οι κυβερνητικές αλλαγές είναι και ακριβές, όχι μόνο σε άμεσους χρηματικούς όρους, αλλά και σε όρους κόστους ευκαιρίας. Η αλλαγή του τρόπου με τον οποίο λειτουργούν και δια-λειτουργούν η κυβέρνηση και οι κυβερνητικές οργανώσεις, απαιτεί την ανάπτυξη και υλοποίηση νέων πολιτικών και

πρακτικών διαχείρισης, οι οποίες πρέπει να γίνουν αντικείμενο διαπραγμάτευσης και να συντονιστούν στα πλαίσια πολλών οργανισμών.

Συνεπώς, η απόφαση μιας κυβέρνησης για τους τρόπους με τους οποίους μπορεί να γίνει πιο διαλειτουργική είναι από τις πιο σύνθετες που μπορεί να πάρει. Πολύ σημαντικό είναι, επίσης, το γεγονός ότι οι συνέπειες αυτών των αποφάσεων θα έχουν άμεσο αντίκτυπο στο λαό (Dawes et al 2005). Ο συνδυασμός υψηλού ρίσκου και κόστους είναι ο λόγος για τον οποίο καθίσταται δύσκολο για τις κυβερνήσεις να εκπονήσουν ανθεκτικές στο χρόνο και εν τέλει επιτυχείς προσπάθειες για βελτίωση της κρατικής διαλειτουργικότητας, ενώ γνωρίζουν πλήρως τα οφέλη μιας τέτοιας μετάβασης.

Ένας αριθμός από εργαλεία, τεχνικές και μοντέλα είναι διαθέσιμος για να βοηθήσει τους οργανισμούς να εκτιμήσουν την πιθανότητα επιτυχίας όταν επιχειρούν επικίνδυνες και ακριβές πρωτοβουλίες, όπως οι προαναφερθείσες. Με την πάροδο του χρόνου, οι έρευνες και η εμπειρία από την πράξη παρέχουν τα θεμέλια τέτοιων εργαλείων και πόρων. Ωστόσο, η βελτίωση της διαλειτουργικότητας αποτελεί σχετικά νέα περιοχή για τους περισσότερους τύπους οργανισμών και ακόμα περισσότερο για τις κυβερνήσεις. Κάποια από τα υπάρχοντα εργαλεία και τεχνικές έχουν στενή σχέση με διαχείριση έργων ΤΠΕ, ενώ άλλα έχουν να κάνουν με τη θέσπιση πολιτικών και το χτίσιμο τεχνολογικών δυνατοτήτων, που χρειάζονται για τη βελτίωση της διαλειτουργικότητας.

Επίσης, σχετικά με τα ανοικτά πρότυπα, τα οποία κατέχουν κυρίαρχο ρόλο στην προσπάθεια επίτευξης διαλειτουργικότητας, προκύπτουν τα ζητήματα της ασαφούς πολιτικής σχετικά με αυτά, των ασαφών διαδικασιών για την ανάπτυξη και χρήση τους και της άγνοιας των κρατών για τις πρακτικές που εφαρμόζονται στα υπόλοιπα. Για την αντιμετώπιση των παραπάνω προβλημάτων πρέπει να ληφθούν μέτρα, τα οποία θα είναι σαφώς αποτελεσματικότερα, αν προκύψουν ως προϊόν συλλογικής δράσης των κυβερνήσεων, αντί για μεμονωμένες, αποκομμένες προσπάθειες. Τέτοια μέτρα είναι η θέσπιση πολιτικής σε εθνικό, αλλά και ευρωπαϊκό επίπεδο, που θα προωθή τα ανοικτά πρότυπα και θα ενθαρρύνει την αποκλειστική χρήση τους από τις δημόσιες διοικήσεις, ο σαφής ορισμός των προτύπων, ο καλύτερος συντονισμός των οργανισμών προτυποποίησης, η χάραξη κοινής πολιτικής για την αντιμετώπιση κλειστών προτύπων, η καλύτερη επικοινωνία μεταξύ των κρατών, ο

συντονισμός των προτύπων σε εθνικό και διεθνές επίπεδο και η διάδοση επιτυχημένων πρακτικών.

Τέλος, οι έρευνες καταδεικνύουν πως οι κυβερνήσεις είναι ασυνεπείς στις (πολλές φορές ad hoc) προσπάθειές τους να λειτουργήσουν σε μορφή δικτύου. Πολλές κυβερνήσεις έχουν σημειώσει αξιοσημείωτη πρόοδο σε μεμονωμένες περιοχές της δημόσιας διοίκησης όπως η δικαιοσύνη, η δημόσια υγεία, η προστασία του περιβάλλοντος ή σε τομείς ηλεκτρονικής διακυβέρνησης, που αφορούν για παράδειγμα ολοκληρωμένα κυβερνητικά λογιστικά συστήματα, την online συμπλήρωση φορολογικών δηλώσεων ή και την παροχή εκπαιδευτικών πόρων.

Ωστόσο, υπάρχουν λίγα δείγματα κυβερνήσεων που έχουν να επιδείξουν τόσο υψηλό επίπεδο διαλειτουργικότητας, ώστε να συνεργάζονται αρμονικά ετερόκλητοι τομείς για την εξυπηρέτηση ευρύτερων αναγκών των πολιτών, γεγονός που είναι ακόμα περισσότερο έκδηλο σε διεθνές επίπεδο. Ένα παράδειγμα τέτοιας συνεργασίας θα ήταν η επικοινωνία και ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ του συστήματος δικαιοσύνης μιας χώρας με κοινότητες δημόσιας υγείας μιας άλλης προς όφελος της δημόσιας ασφάλειας και των δύο χωρών. Συνεπώς, βάσει όλων των παραπάνω, γίνεται εμφανής η ανάγκη να προωθηθεί η διαλειτουργικότητα οργανωμένα και συντονισμένα σε διεθνές επίπεδο.

2.8 Σκοπός του Ελληνικού Πλαισίου Διαλειτουργικότητας

Σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Πλαίσιο Διαλειτουργικότητας, ως «διαλειτουργικότητα» ορίζεται η ικανότητα διάσπαρτων και ανόμοιων οργανισμών να επικοινωνούν, με στόχο την επίτευξη αμοιβαία ωφέλιμων και συμφωνημένων κοινών στόχων, ανταλλάσσοντας πληροφορίες και γνώση, μέσα από επιχειρησιακές διαδικασίες, που υποστηρίζουν και μέσω της ανταλλαγής δεδομένων μεταξύ των αντίστοιχων συστημάτων πληροφορικής και επικοινωνιών (*“Interoperability, within the context of European public service delivery, is the ability of disparate and diverse organizations to interact towards mutually beneficial*

and agreed common goals, involving the sharing of information and knowledge between the organizations, through the business processes they support, by means of the exchange of data between their respective ICT systems”). Αντίστοιχος ορισμός για τη διαλειτουργικότητα δίνεται και από μία μελέτη, που εκπονήθηκε στο πλαίσιο της Ιρλανδικής Προεδρίας, όπου ως «διαλειτουργικότητα» ορίζεται η ικανότητα ενός συστήματος ή μιας διαδικασίας να μοιράζεται και να χρησιμοποιεί πληροφορίες ή/και λειτουργίες ενός άλλου συστήματος ή διαδικασίας (“Ability of a system or process to share and use the information and/or functionality of another system or process).

Το Ελληνικό Πλαίσιο Διαλειτουργικότητας και Υπηρεσιών Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης σκοπεύει:

- Στη διασφάλιση της Διαλειτουργικότητας μεταξύ των υφιστάμενων πληροφοριακών συστημάτων της Δημόσιας Διοίκησης, η οποία εγγυάται μία συνεχή ροή πληροφοριών μεταξύ πολιτών, επιχειρήσεων και φορέων της Δημόσιας Διοίκησης.
- Στην ανοιχτή φιλοσοφία των πληροφοριακών συστημάτων της Δημόσιας Διοίκησης, η οποία συνίσταται στην υιοθέτηση ανοικτών τεχνολογικών προτύπων και προδιαγραφών κατά το σχεδιασμό και την ανάπτυξη εφαρμογών, συστημάτων και διαδικτυακών πυλών της Δημόσιας Διοίκησης και
- Στην Ευρωπαϊκή Διάσταση του Ελληνικού ΠΔ&ΥΗΣ, το οποίο συμμορφώνεται με τις προσπάθειες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και προετοιμάζει τη Δημόσια Διοίκηση στην Ελλάδα να αναπτύξει και να υποστηρίξει Πανευρωπαϊκές Υπηρεσίες Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης.

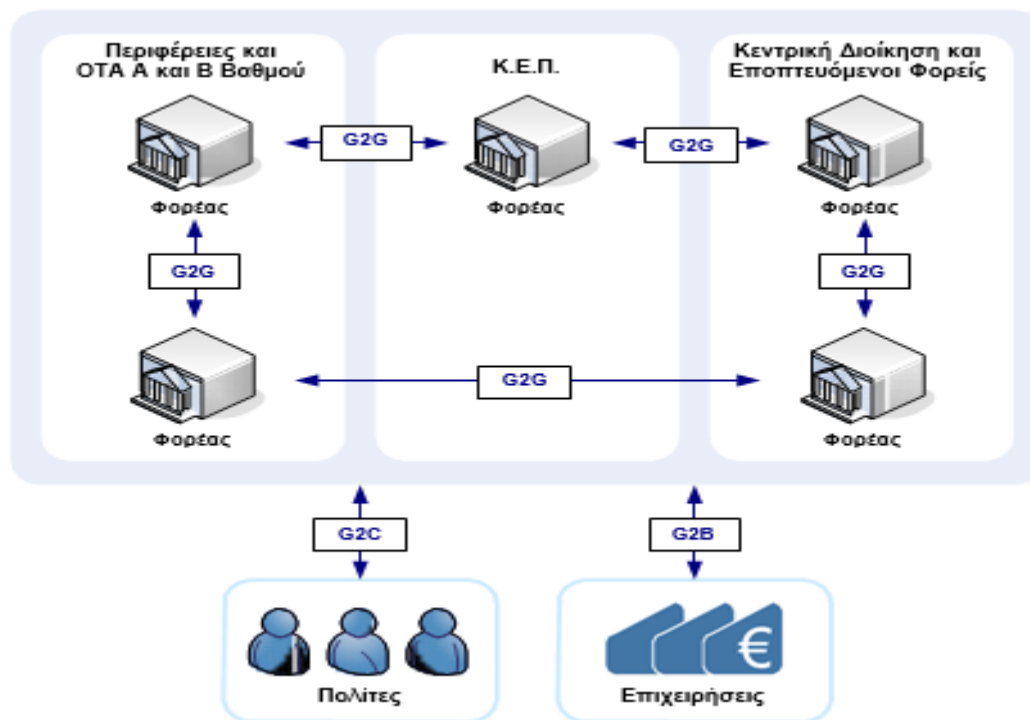
Οι υπηρεσίες Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης στις οποίες στοχεύει το Ελληνικό Πλαίσιο Διαλειτουργικότητας και Υπηρεσιών Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης ομαδοποιούνται ως προς το χρήστη της Ηλεκτρονικής Υπηρεσίας στις εξής τρεις κατηγορίες:

- **Κυβέρνηση-προς Κυβέρνηση (Government to Government-G2G):** διαδικασίες που αφορούν στις σχέσεις αλληλεπίδρασης μεταξύ των δημόσιων οργανισμών (εδώ ο χρήστης είναι κάποιος φορέας ή οργανισμός της Δημόσιας Διοίκησης)

- **Κυβέρνηση-προς Πολίτες (Government to Citizen-G2C):** διαδικασίες που αφορούν στις σχέσεις αλληλεπίδρασης μεταξύ των δημόσιων οργανισμών και των πολιτών (οι οποίοι αποτελούν και τους χρήστες των υπηρεσιών αυτής της κατηγορίας)
- **Κυβέρνηση-προς-Επιχειρήσεις (Government to Business- G2B):** υπηρεσίες των δημόσιων οργανισμών με τελικούς αποδέκτες (χρήστες υπηρεσίας) τις ιδιωτικές επιχειρήσεις.

Η παροχή ηλεκτρονικών υπηρεσιών από τους φορείς της Δημόσιας Διοίκησης προς πολίτες, επιχειρήσεις και άλλους φορείς ή οργανισμούς της Δημόσιας Διοίκησης προαπαιτεί τη διαλειτουργικότητα των πληροφοριακών συστημάτων των εν λόγω φορέων. Βασικά σημεία διαλειτουργικότητας αποτελούν τα εξής:

- Ανάμεσα σε φορείς της κεντρικής διοίκησης (υπουργεία και γενικές γραμματείες)
- Ανάμεσα σε φορείς της κεντρικής διοίκησης και σε φορείς και οργανισμούς της Περιφερειακής Διοίκησης και της Τοπικής Αυτοδιοίκησης (ΟΤΑ Α' και Β βαθμού),
- Ανάμεσα σε φορείς της Δημόσιας Διοίκησης (κεντρικής διοίκησης, περιφερειακής διοίκησης και τοπικής αυτοδιοίκησης) και σε εποπτευόμενους φορείς και οργανισμούς του ευρύτερου Δημόσιου Τομέα.
- Ανάμεσα σε φορείς της Δημόσιας Διοίκησης (κεντρικής διοίκησης, περιφερειακής διοίκησης και τοπικής αυτοδιοίκησης) και σε ενδιάμεσους φορείς και οργανισμούς (π.χ. τράπεζες και χρηματοπιστωτικά ιδρύματα), και σε άλλες κυβερνήσεις και διεθνείς φορείς και οργανισμούς.
- Ανάμεσα σε φορείς της Δημόσιας Διοίκησης (κεντρικής διοίκησης, περιφερειακής διοίκησης, τοπικής αυτοδιοίκησης και εποπτευόμενους οργανισμούς) και στα Κέντρα Εξυπηρέτησης Πολιτών (ΚΕΠ).



Εικόνα 4 : Διαλειτουργικότητα Υπηρεσιών Ηλεκτρονικής Διακυβέρνησης

Πηγή: European Commission, Interoperable Delivery of European eGovernment Services to public Administrations, Businesses and Citizens – IDABC, <http://ec.europa.eu/idabc/>

2.9 Ευρωπαϊκή Ένωση, Στρατηγικές δράσεις και προγράμματα στήριξης της Διαλειτουργικότητας

Ο εκσυγχρονισμός των δημόσιων διοικήσεων, που ενισχύεται από τις τεχνολογικές εξελίξεις, οδηγεί σε μια ταχέως αυξανόμενη ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ τους διασυνοριακά και διατομεακά. Για να διευκολυνθούν αυτές οι ανταλλαγές πληροφοριών, προκύπτει η ανάγκη διαλειτουργικότητας στην Ευρώπη πιο επιτακτική από ποτέ.

Έτσι με γνώμονα την ανάπτυξη της διαλειτουργικότητας, σχεδιάζονται στρατηγικές και στοχευμένα προγράμματα δράσεων εκπονούνται και υλοποιούνται υπό την επίβλεψη της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Το κάθε ένα εξειδικεύεται σε συγκεκριμένα πεδία, έχει το δικό του όραμα, θέτει στόχους, παρέχει οδηγίες, συστάσεις και υλοποιεί δράσεις. Όλα έχουν σκοπό

τη βελτίωση δραστηριοτήτων διαλειτουργικότητας των δημόσιων υπηρεσιών με επίκεντρο το χρήστη.

2.9.1 Το πρόγραμμα Διαλειτουργικών Λύσεων για Δημόσιες Υπηρεσίες, Επιχειρήσεις και Πολίτες

Το πρόγραμμα Διαλειτουργικών λύσεων για Δημόσιες Υπηρεσίες, Επιχειρήσεις ISA (Interoperability solutions for public administrations, businesses and citizens 2016- 2020) είναι συνέχεια του προγράμματος ISA (2011-2015) και υποστηρίζει την ανάπτυξη ψηφιακών λύσεων που επιτρέπουν στις δημόσιες διοικήσεις, τις επιχειρήσεις και τους πολίτες στην Ευρώπη να επωφελούνται από διαλειτουργικές διασυνοριακές και διατομεακές δημόσιες υπηρεσίες.

Το πρόγραμμα έχει προϋπολογισμό 131 εκατομμύρια ευρώ και το διαχειρίζεται η Μονάδα Διαλειτουργικότητας της Γενικής Διεύθυνσης Πληροφορικής της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, DIGIT.D2. Τα κράτη μέλη διαδραματίζουν ενεργό ρόλο μέσω της συμμετοχής τους στην επιτροπή ISA και την ομάδα συντονισμού ISA, έναν τεχνικό φορέα που έχει την αρμοδιότητα να διασφαλίζει την οριζόντια συνοχή μεταξύ των δράσεων του προγράμματος.

2.9.2 Σκοπός, δράσεις και λύσεις του προγράμματος ISA

Το νέο πρόγραμμα έχει σκοπό να:

- Διασφαλίσει ότι οι δραστηριότητες διαλειτουργικότητας συντονίζονται καλά σε επίπεδο Ε.Ε.
- Αναπτύξει και να υλοποιήσει λύσεις για τις δημόσιες διοικήσεις βάσει των αναγκών των επιχειρήσεων και των πολιτών.
- Θέσει σε εφαρμογή τα απαραίτητα μέσα για την ενίσχυση της διαλειτουργικότητας σε επίπεδο ΕΕ και σε εθνικό επίπεδο, όπως:
 - αναθεωρημένο Ευρωπαϊκό Πλαίσιο Διαλειτουργικότητας (European Interoperability Framework - EIF)

- αναθεωρημένη Ευρωπαϊκή στρατηγική διαλειτουργικότητας (European Interoperability Strategy - EIS)
- μια αρχιτεκτονική, την Ευρωπαϊκή αρχιτεκτονική αναφοράς διαλειτουργικότητας (European Interoperability Reference Architecture - EIRA)
- μια χαρτογράφηση λύσεων, την Ευρωπαϊκή χαρτογράφηση διαλειτουργικότητας (European Interoperability Cartography - EIC).

Το Πρόγραμμα ISA υποστηρίζει 54 δράσεις, που εστιάζονται στην ανάπτυξη ψηφιακών λύσεων στον τομέα της διαλειτουργικότητας. Οι δράσεις οργανώνονται σε 9 πακέτα εργασίας, που ορίζονται από το ετήσιο κυλιόμενο πρόγραμμα εργασίας. Η λίστα όλων των δράσεων είναι αναρτημένη με πολλές επιμέρους πληροφορίες σχετικά, όπως σύντομη περιγραφή, έναρξη και λήξη, εμπλεκόμενοι φορείς, προϋπολογισμός δράσης, τι αφορά, στόχοι, οφέλη καθώς και το τι έχει επιτευχθεί. Τέλος, περιγράφονται ποια είναι τα επόμενα βήματα ως προς την ολοκλήρωση και την αξιολόγησή τους.

Λύσεις που έχουν αναπτυχθεί και είναι ήδη λειτουργικές μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν δωρεάν. Περισσότερες λύσεις θα διατίθενται συνεχώς όσο οι δράσεις ολοκληρώνονται επιτυχώς.

2.10 Ευρωπαϊκό Πλαίσιο Διαλειτουργικότητας

Το Νέο Ευρωπαϊκό Πλαίσιο Διαλειτουργικότητας (New European Interoperability Framework ή εν συντομία new EIF) σκοπό έχει να εμπνέει τις προσπάθειες σχεδιασμού και να παρέχει καθοδήγηση, μέσω μιας σειράς συστάσεων, στις δημόσιες διοικήσεις. Αυτές αφορούν τον τρόπο βελτίωσης της διακυβέρνησης των δραστηριοτήτων διαλειτουργικότητάς τους, τη δημιουργία δια-οργανωτικών σχέσεων και τον εξορθολογισμό των διαδικασιών, που υποστηρίζουν τις ψηφιακές υπηρεσίες. Επίσης, διασφαλίζεται ότι η υπάρχουσα και η νέα νομοθεσία δεν θα προκαλέσουν εμπόδια ή θα επιφέρουν συμβιβασμούς στις προσπάθειες διαλειτουργικότητας.

Το νέο ευρωπαϊκό πλαίσιο διαλειτουργικότητας δίνει μεγαλύτερη έμφαση στον τρόπο πρακτικής εφαρμογής των αρχών και των μοντέλων διαλειτουργικότητας και εξετάζει τις νέες ανάγκες, που σχετίζονται με τις πολιτικές και την τεχνολογία. Ο αριθμός των συστάσεων έχει αυξηθεί από 25 σε 47 και έχουν γίνει πιο συγκεκριμένες για να διευκολύνεται η εφαρμογή τους. Δίνεται μεγαλύτερη έμφαση στον ανοικτό χαρακτήρα και τη διαχείριση πληροφοριών, τη φορητότητα των δεδομένων, τη διακυβέρνηση της διαλειτουργικότητας και την ενοποιημένη παροχή υπηρεσιών.

Η εφαρμογή του ευρωπαϊκού πλαισίου διαλειτουργικότητας διέπεται από το εξής όραμα: *«Οι δημόσιες διοικήσεις θα πρέπει να παρέχουν βασικές διαλειτουργικές ψηφιακές δημόσιες υπηρεσίες με επίκεντρο τον χρήστη προς επιχειρήσεις και πολίτες, σε εθνικό και ενωσιακό επίπεδο, υποστηρίζοντας την ελεύθερη κυκλοφορία των εμπορευμάτων, των προσώπων, των υπηρεσιών και των κεφαλαίων σε ολόκληρη την Ένωση».*

Τα οφέλη του πλαισίου είναι ότι θα εξασφαλιστεί η προσβασιμότητα υπηρεσιών, όχι μόνο εντός των εθνικών τους συνόρων, αλλά και μεταξύ των χωρών και των τομέων πολιτικής, έτσι ώστε να εφαρμοστεί η διαλειτουργικότητα στην πράξη. Με αυτόν τον τρόπο, οι δημόσιες διοικήσεις μπορούν να εξοικονομήσουν χρόνο, να μειώσουν το κόστος, να αυξήσουν τη διαφάνεια και να βελτιώσουν την ποιότητα των υπηρεσιών που προσφέρουν στους πολίτες και τις επιχειρήσεις.

Το Σχέδιο Δράσης Διαλειτουργικότητας που συνοδεύει το EIF αποτελείται από πέντε τομείς εστίασης, που ασχολούνται με θέματα που σχετίζονται με τον προσδιορισμό των μηχανισμών, που διέπουν τη διαλειτουργικότητα, τη συνεργασία μεταξύ οργανισμών, τη συμμετοχή των ενδιαφερομένων και την ευαισθητοποίηση σχετικά με τα οφέλη της διαλειτουργικότητας.

Καλύπτει, επίσης, την ανάπτυξη, τη βελτίωση και την προώθηση βασικών παραγόντων διαλειτουργικότητας, λαμβάνοντας υπόψη τις ανάγκες και τις προτεραιότητες των τελικών χρηστών. Πιο συγκεκριμένα οι πέντε τομείς εστίασης αφορούν την:

- Διασφάλιση της διακυβέρνησης, του συντονισμού και της κοινής χρήσης των πρωτοβουλιών διαλειτουργικότητας
- Ανάπτυξη οργανωτικών λύσεων διαλειτουργικότητας
- Δέσμευση ενδιαφερόμενων μερών και ευαισθητοποίηση σχετικά με τη διαλειτουργικότητα
- Ανάπτυξη, διατήρηση και προώθηση των βασικών καταλυτών διαλειτουργικότητας και
- Ανάπτυξη, διατήρηση και προώθηση μηχανισμών που στηρίζουν τη διαλειτουργικότητα

Το νέο ευρωπαϊκό πλαίσιο διαλειτουργικότητας έχει διαμορφωθεί σε στενή συνεργασία με τα κράτη μέλη και ύστερα από διαδικασία ευρείας διαβούλευσης με όλους τους άλλους συναφείς ενδιαφερόμενους φορείς. Για την επιτυχή εφαρμογή του προϋποτίθεται η ενεργή συμμετοχή όλων των παραγόντων, ιδίως των δημόσιων διοικήσεων. Οι σχεδιαζόμενες δράσεις θα διασφαλίσουν ότι το νέο ευρωπαϊκό πλαίσιο διαλειτουργικότητας μπορεί να επιτύχει τον απώτερο σκοπό του για παροχή διαλειτουργικών δημόσιων υπηρεσιών στην ΕΕ με επίκεντρο πάντα τον χρήστη.

2.11 Ευρωπαϊκή Αρχιτεκτονική Αναφοράς Διαλειτουργικότητας (EIRA)

Το πρόγραμμα ISA εισάγει μια αρχιτεκτονική αναφοράς για να καθοδηγήσει τις δημόσιες διοικήσεις στο έργο τους για την παροχή διαλειτουργικών ευρωπαϊκών δημόσιων υπηρεσιών.

Ο συντονισμός των Διοικήσεων κρίνεται απαραίτητος τόσο για την ανάπτυξη νέων ψηφιακών λύσεων όσο και για την αποφυγή του κινδύνου δημιουργίας νέων ψηφιακών εμποδίων. Για να επιτευχθεί αυτός ο σκοπός πρέπει να καλύπτονται οι ακόλουθες ανάγκες - απαιτήσεις:

- Ανάγκη για μια κοινή ορολογία για το σχεδιασμό, την αξιολόγηση και την επικοινωνία για λύσεις ηλεκτρονικής διακυβέρνησης
- Ανάγκη για σταθερές διασυνδέσεις για ψηφιακές δημόσιες υπηρεσίες
- Επισκόπηση των ήδη υπαρχόντων δομικών στοιχείων λύσης.

Με την αυξανόμενη ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ δημόσιων υπηρεσιών (διασυνοριακά και τομεακά), η ανάγκη για διαλειτουργικότητα στην Ευρώπη είναι μεγαλύτερη από ποτέ. Η διαλειτουργικότητα μπορεί να οριστεί με πολλούς τρόπους. Ο απλούστερος τρόπος θα μπορούσε να είναι: «Η ικανότητα ανταλλαγής πληροφοριών». Για την αντιμετώπιση ζητημάτων διαλειτουργικότητας σε εθνικό, περιφερειακό ή τοπικό επίπεδο, πολλές δημόσιες διοικήσεις έχουν ήδη, ή βρίσκονται στο στάδιο της ανάπτυξης, πλαίσια διαλειτουργικότητας. Το πεδίο εφαρμογής αυτών των πλαισίων περιορίζεται στις δικαιοδοσίες εντός των οποίων έχουν αναπτυχθεί. Ωστόσο, οι ευρωπαϊκές δημόσιες διοικήσεις πρέπει να είναι έτοιμες να συνεργαστούν για την παροχή διασυνοριακών δημόσιων υπηρεσιών για την κάλυψη των αναγκών των επιχειρήσεων και των πολιτών. Η Δράση ISA 2.1 (ΜΠΕ) εισήγαγε την Ευρωπαϊκή Αρχιτεκτονική Αναφοράς Διαλειτουργικότητας (EIRA) για να καθοδηγήσει τις δημόσιες διοικήσεις στο έργο τους για την παροχή διαλειτουργικών ευρωπαϊκών δημόσιων υπηρεσιών σε επιχειρήσεις και πολίτες.

Στόχευση χρηστών και περιπτώσεις χρήσης

Ο EIRA έχει ως στόχο να ανταποκριθεί στις παραπάνω ανάγκες, υποστηρίζοντας τους χρήστες στα ακόλουθα σενάρια:

1. Σχεδιασμός: επιτάχυνση του σχεδιασμού λύσεων ηλεκτρονικής διακυβέρνησης, που υποστηρίζουν την παροχή διαλειτουργικών ψηφιακών δημόσιων υπηρεσιών (διασυνοριακά και τομείς).

2. Αξιολόγηση: παροχή μοντέλου αναφοράς για τη σύγκριση υφιστάμενων αρχιτεκτονικών σε διαφορετικούς τομείς πολιτικής και θεματικούς τομείς, για τον εντοπισμό εστιακών σημείων σύγκλισης και επαναχρησιμοποίησης.

3. Επικοινωνία και κοινή χρήση: βοηθά στην τεκμηρίωση των πιο σημαντικών στοιχείων διαλειτουργικότητας πολύπλοκων λύσεων και διευκολύνει την κοινή χρήση (επανα)χρησιμοποιήσιμων λύσεων.

4. Ανακάλυψη και επαναχρησιμοποίηση: διευκολύνετε την ανακάλυψη και την επαναχρησιμοποίηση λύσεων διαλειτουργικότητας.

Πιο συγκεκριμένα, η αρχιτεκτονική αναφοράς απευθύνεται στους ακόλουθους χρήστες εντός των δημόσιων διοικήσεων των κρατών μελών ή των θεσμικών οργάνων της ΕΕ:

- Αρχιτέκτονες, Enterprise Architects, καθώς και Solution Architects, που είναι υπεύθυνοι για το σχεδιασμό αρχιτεκτονικών λύσεων.
- Αναλυτές επιχειρήσεων υπεύθυνοι για την αξιολόγηση και τη μελέτη του αντίκτυπου των αλλαγών στο (εξωτερικό) περιβάλλον στα συστήματα πληροφορικής.
- Διαχειριστές χαρτοφυλακίου υπεύθυνοι για τη διατήρηση του καταλόγου περιουσιακών στοιχείων, που σχετίζονται με το σχεδιασμό και την εφαρμογή λύσεων ηλεκτρονικής διακυβέρνησης και για τη λήψη επενδυτικών αποφάσεων σε αυτά τα περιουσιακά στοιχεία.

Αναμενόμενα οφέλη

Η κοινή χρήση του EIRA © κατά την ανάπτυξη, αξιολόγηση και επικοινωνία για λύσεις ηλεκτρονικής διακυβέρνησης θα έχει ως αποτέλεσμα επιπτώσεις στο δίκτυο, ενισχύοντας τον συντονισμό μεταξύ των δημόσιων διοικήσεων σε επίπεδο ΕΕ και εντός των κρατών μελών.

Η χρήση του EIRA © αξιοποιεί τα πλεονεκτήματα, που απορρέουν από την εφαρμογή των αρχών της Enterprise Architecture, συμπεριλαμβανομένων:

- Μια πιο αποτελεσματική επιχειρηματική λειτουργία
- Μια πιο αποτελεσματική λειτουργία πληροφορικής
- Καλύτερη απόδοση των υφιστάμενων επενδύσεων, μειωμένος κίνδυνος για μελλοντικές επενδύσεις
- Ταχύτερες, απλούστερες και φθηνότερες προμήθειες

Ο EIRA © θα συμβάλει στην αυξημένη ευαισθητοποίηση και χρήση των αρχών και των συστάσεων του ETE.

Σημειώστε ότι η διαλειτουργικότητα συνεπάγεται, αλλά δεν περιορίζεται στην επαναχρησιμοποίηση (σύμφωνα με το ETE, η επαναχρησιμοποίηση είναι μόνο μία από τις πτυχές της διαλειτουργικότητας). Επομένως, το πεδίο εφαρμογής του EIRA © είναι πολύ ευρύτερο από το να διευκολύνει απλώς την επαναχρησιμοποίηση.

Επίσης, η διαλειτουργικότητα εφαρμόζεται σε διαφορετικά οργανωτικά και γεωγραφικά επίπεδα: όπου μέσα σε έναν οργανισμό το κύριο όφελος μπορεί να βρίσκεται στη σύνθεση γενικών δομικών στοιχείων που είναι διαλειτουργικά με άλλους, μεταξύ των οργανισμών η διαλειτουργικότητα είναι απαραίτητη για την αποτελεσματική εκτέλεση των επιχειρηματικών διαδικασιών. Για στοιχεία που αντιμετωπίζουν οι πελάτες (ή οι πολίτες), οι λειτουργίες με επίκεντρο τον χρήστη επιτρέπουν τη μετάβαση από τα παραδοσιακά κανάλια στην παροχή ψηφιακών υπηρεσιών. Όσον αφορά τη διασυνοριακή διαλειτουργικότητα, οι οργανωτικές και νομικές πτυχές έχουν ιδιαίτερη σημασία και καθίστανται ζωτικής σημασίας για τη μεγιστοποίηση του δυναμικού της Ψηφιακής Ενιαίας Αγοράς.

Μια κοινή χρήση του EIRA © θα παρέχει τα ακόλουθα οφέλη υψηλού επιπέδου, τα οποία εξηγούνται στις επόμενες ενότητες:

- Απόδειξη ελεγχόμενου λεξιλογίου
- Αποσύνδεση λειτουργιών στα Αρχιτεκτονικά Οικοδομικά Τετράγωνα
- Διευκόλυνση του προσδιορισμού προδιαγραφών διαλειτουργικότητας
- Παροχή του βασικού ενεργοποιητή διαλειτουργικότητας Αρχιτεκτονικά δομικά στοιχεία
- Επιτάχυνση του κύκλου ανάπτυξης
- Ενεργοποίηση χαρτογραφιών
- Προώθηση ανακάλυψης και επαναχρησιμοποίησης υφιστάμενων λύσεων
- Υποστήριξη λήψης αποφάσεων για τη διαχείριση χαρτοφυλακίου
- Υποστήριξη της διαμόρφωσης δημόσιας πολιτικής

Έτσι αναπτύχθηκε μεταξύ άλλων, η Ευρωπαϊκή Αρχιτεκτονική Αναφοράς Διαλειτουργικότητας (European Interoperability Reference Architecture εν συντομία EIRA) για να υποστηρίξει τις δημόσιες διοικήσεις στο έργο τους για την παροχή διαλειτουργικών ευρωπαϊκών δημόσιων υπηρεσιών σε άλλες δημόσιες διοικήσεις, επιχειρήσεις και πολίτες.

Το EIRA είναι μια αρχιτεκτονική αναφοράς, τεσσάρων σημείων, για την παροχή διαλειτουργικών ψηφιακών δημόσιων υπηρεσιών. Ορίζει τις απαιτούμενες δυνατότητες για την προώθηση της διαλειτουργικότητας ως ένα σύνολο δομικών στοιχείων αρχιτεκτονικής (architecture building blocks - ABBs). Τα τέσσερα κύρια χαρακτηριστικά είναι:

- **Κοινή ορολογία για την επίτευξη ενός ελάχιστου επιπέδου συντονισμού:** Παρέχει ένα σύνολο καλά καθορισμένων ABB που παρέχουν μια ελάχιστη κοινή κατανόηση των πιο σημαντικών δομικών στοιχείων που απαιτούνται για την κατασκευή διαλειτουργικών δημόσιων υπηρεσιών.
- **Αρχιτεκτονική αναφοράς για την παροχή ψηφιακών δημόσιων υπηρεσιών:** Προσφέρει ένα πλαίσιο για την κατηγοριοποίηση (επανα)χρησιμοποιήσιμων δομικών στοιχείων λύσης (solution building blocks - SBBs) για ένα πρόβλημα ηλεκτρονικής διακυβέρνησης. Επιτρέπει στους εμπλεκόμενους να εξορθολογίσουν, να διαχειριστούν και να τεκμηριώσουν την εργαλειοθήκη λύσεων.
- **Τεχνολογία και προϊόν ουδέτερα και στυλ αρχιτεκτονικής προσανατολισμένο στις υπηρεσίες (service-oriented architecture - SOA):** Το EIRA υιοθετεί ένα στυλ αρχιτεκτονικής προσανατολισμένο στις υπηρεσίες και προωθεί το ArchiMate ως μοντέλο σημειογραφίας.
- **Ευθυγράμμιση με το EIF και του TOGAF:** Το EIRA ευθυγραμμίζεται με το Ευρωπαϊκό Πλαίσιο Διαλειτουργικότητας και συμμορφώνεται με το πλαίσιο που δίνεται στο Ευρωπαϊκό Πλαίσιο Διαλειτουργικότητας - Στρατηγική Εφαρμογής (EIF-IS). Επαναχρησιμοποιεί την ορολογία και παραδείγματα από το TOGAF, όπως μοτίβα αρχιτεκτονικής, δομικά στοιχεία και προβολές.

Αναμενόμενα οφέλη – προκλήσεις

Η κοινή χρήση του EIRA κατά την ανάπτυξη, την αξιολόγηση και την επικοινωνία σχετικά με λύσεις ηλεκτρονικής διακυβέρνησης θα έχει ως αποτέλεσμα αποτελέσματα δικτύου (*network effects*), ενισχύοντας τον συντονισμό μεταξύ των δημόσιων διοικήσεων σε επίπεδο ΕΕ και εντός των κρατών μελών. Αξιοποιεί τα πλεονεκτήματα που απορρέουν από την εφαρμογή των αρχών Επιχειρησιακής Αρχιτεκτονικής, όπως αποτελεσματική επιχειρηματική λειτουργία, αποτελεσματική λειτουργία πληροφορικής, καλύτερη απόδοση των υπάρχουσών επενδύσεων, μειωμένος κίνδυνος για μελλοντικές επενδύσεις και ταχύτερη, απλούστερη και φθηνότερη διαδικασία προμηθειών.

Έχει ως στόχο να ανταποκριθεί στις προαναφερόμενες ανάγκες υποστηρίζοντας τους χρήστες στα ακόλουθα σενάρια:

- Σχεδιασμός: επιτάχυνση του σχεδιασμού λύσεων ηλεκτρονικής διακυβέρνησης
- Αξιολόγηση: παροχή ενός μοντέλου αναφοράς για σύγκριση υφιστάμενων αρχιτεκτονικών με σκοπό τον προσδιορισμό σημείων σύγκλισης και επαναχρησιμοποίησης
- Επικοινωνία και κοινή χρήση: τεκμηρίωση των πιο εμφανών στοιχείων διαλειτουργικότητας σύνθετων λύσεων και διευκόλυνση κοινής χρήσης (επανα)χρησιμοποίησης λύσεων
- Ανακάλυψη και επαναχρησιμοποίηση: διευκόλυνση ανακάλυψης και επαναχρησιμοποίησης λύσεων διαλειτουργικότητας

Η αρχιτεκτονική αναφοράς στοχεύει σε χρήστες στις δημόσιες διοικήσεις των κρατών μελών ή των θεσμικών οργάνων της ΕΕ όπως: Επιχειρησιακούς Αρχιτέκτονες, οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για το σχεδιασμό αρχιτεκτονικών λύσεων, Επιχειρηματικούς αναλυτές υπεύθυνους για την αξιολόγηση και τη μελέτη του αντίκτυπου των αλλαγών στο (εξωτερικό) περιβάλλον στα συστήματα πληροφορικής και Διαχειριστές χαρτοφυλακίου υπεύθυνους για τη διατήρηση του καταλόγου των περιουσιακών στοιχείων που σχετίζονται με το σχεδιασμό και την εφαρμογή λύσεων ηλεκτρονικής διακυβέρνησης και για τη λήψη επενδυτικών αποφάσεων για αυτά τα περιουσιακά στοιχεία.

Η κοινή χρήση του EIRA θα έχει ως αποτέλεσμα τα ακόλουθα οφέλη μέσω της ανάπτυξης της διαλειτουργικότητας:

- Παροχή ελεγχόμενου λεξιλογίου
- Αποσύνθεση λειτουργιών σε αρχιτεκτονικά δομικά στοιχεία
- Διευκόλυνση του προσδιορισμού των προδιαγραφών διαλειτουργικότητας

- Παροχή των βασικών στοιχείων διαλειτουργικότητας που επιτρέπουν τη δημιουργία Αρχιτεκτονικών δομικών στοιχείων
- Επιτάχυνση του κύκλου ανάπτυξης
- Ενεργοποίηση χαρτογραφιών
- Προώθηση της ανακάλυψης και της επαναχρησιμοποίησης των υπαρχουσών λύσεων
- Υποστήριξη λήψης αποφάσεων διαχείρισης χαρτοφυλακίου
- Υποστήριξη της διαμόρφωσης δημόσιας πολιτικής.

Καθώς εφαρμόζεται το EIRA, προκύπτουν νέες προκλήσεις και ιδέες οι οποίες πρέπει να αντιμετωπιστούν και να διαχειριστούν. Τα σχόλια, οι πρόσθετες σκέψεις και ο ανοιχτός διάλογος σχετικά με την ιδέα της προώθησης του EIRA είναι ευπρόσδεκτος. Αυτό διευκολύνεται μέσω μιας διαδικασίας ανοιχτής αλλαγής, διαμόρφωσης και διαχείρισης έκδοσης για το EIRA. Τα ενδιαφερόμενα μέρη που εργάζονται για τις δημόσιες διοικήσεις στον τομέα της αρχιτεκτονικής και της διαλειτουργικότητας μπορούν να σχολιάσουν και να παρέχουν επανατροφοδότηση και πρόσθετες σκέψεις.

3. APACHE KAFKA

3.1 Εισαγωγή

Το Apache Kafka είναι ένα open-source σύστημα ανταλλαγής μηνυμάτων, το οποίο βασίζεται στην τεχνική publish-subscribe. Αρχικά αναπτύχθηκε από το LinkedIn και στη συνέχεια έγινε open-source από το Apache στις αρχές του 2011. Πήρε το όνομά του από το σπουδαίο λογοτέχνη του 20ού αιώνα, Franz Kafka.



Εικόνα 5: Apache Kafka Logo

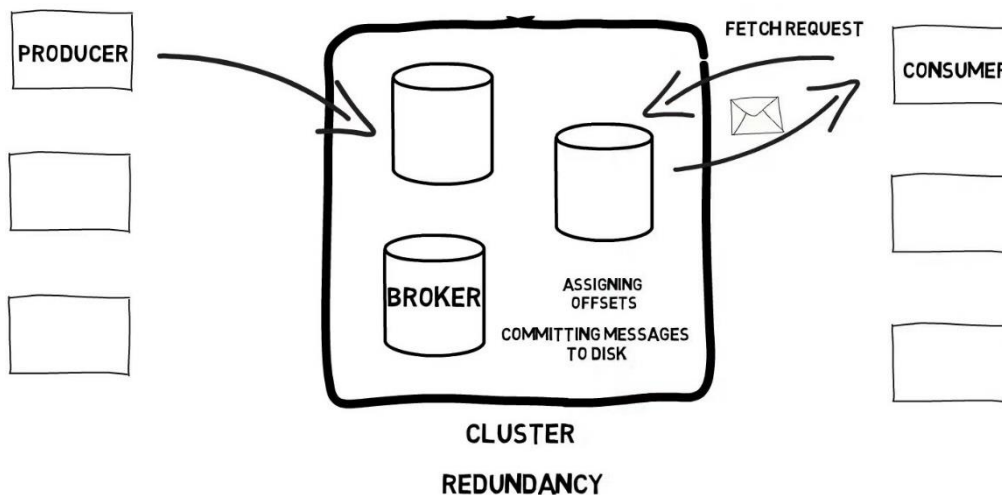
Πηγή: Apache Kafka <https://kafka.apache.org/powered-by>

Σύμφωνα με αυτήν την τεχνική, ο αποστολέας (publisher) δεν στέλνει δεδομένα κατευθείαν στον παραλήπτη (subscriber), αλλά τα χωρίζει με ετικέτες ανάλογα με το θέμα τους και τα κοινοποιεί δίχως να ξέρει αν υπάρχουν ενδιαφερόμενοι (subscribers), οι οποίοι θα τα παραλάβουν. Με τον ίδιο τρόπο ένας ενδιαφερόμενος παραλήπτης (subscriber) κάνει subscribe για ένα θέμα μηνυμάτων, που θα ήθελε να λαμβάνει, δίχως να γνωρίζει αν σε αυτό το θέμα υπάρχει κάποιος ο οποίος αποστέλλει δεδομένα. Από την περιγραφή του συστήματος προκύπτει ότι υπάρχει ένα κεντρικό σύστημα (broker), στο οποίο αποστέλλονται και αρχειοθετούνται τα μηνύματα ανάλογα με το θέμα (topic). Αυτό το σύστημα είναι υπεύθυνο να παραλαμβάνει τα μηνύματα διαφορετικών θεμάτων και να τα διαβιβάζει στους ενδιαφερόμενους χωρίς να συνδέει κάθε αποστολέα με τον παραλήπτη ξεχωριστά.

Πολλές φορές το Apache Kafka περιγράφεται και ως ένα κατανεμημένο αρχείο καταγραφής γεγονότων (distributed event log), το οποίο περιέχει αμετάβλητα μηνύματα, τα οποία μάλιστα αποθηκεύονται και προσωρινά στον δίσκο, με βάση την πολιτική που ακολουθεί ο broker, το οποίο είναι και η βασική διαφορά του Kafka με άλλα παρόμοια συστήματα ανταλλαγής μηνυμάτων.

3.2 Αρχιτεκτονική Apache Kafka

Η αρχιτεκτονική του Apache Kafka παρουσιάζεται σχηματικά στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 5: Αρχιτεκτονική Apache Kafka

Πηγή: *Finematics Decentralized finance education* <https://finematics.com/apache-kafka-explained/>

Βασικά components της αρχιτεκτονικής του Apache Kafka

- **Message:** Το μήνυμα για το Kafka είναι ένα συγκεκριμένο στοιχείο δεδομένων, το οποίο αποτελείται από έναν πίνακα με byte, που είναι η τιμή του μηνύματος και ένα optional key, το οποίο βοηθάει στην οργάνωση των μηνυμάτων στα partitions.
- **Producer:** Ο αποστολέας των μηνυμάτων. Συνήθως είναι άλλες εφαρμογές, που παράγουν δεδομένα και τα αποστέλλουν στους servers. Για παράδειγμα μια εφαρμογή καταγραφής της θερμοκρασίας σε ένα κτίριο ή ένας αισθητήρας κίνησης σε ένα σπίτι.
- **Consumer:** Ο παραλήπτης. Συνήθως είναι άλλες εφαρμογές που δέχονται δεδομένα και είναι υπεύθυνες για την αποθήκευση τους, την επεξεργασία τους ή απλά τη μεταβίβαση

τους. Για παράδειγμα, μια εφαρμογή πυρόσβεσης σε ένα κτίριο που λαμβάνει δεδομένα για την θερμοκρασία ή μια απλή βάση δεδομένων.

- **Cluster:** Λειτουργεί ως ένα κεντρικός κόμβος είναι το περιβάλλον, που βρίσκονται οι Kafka servers (brokers). Συνήθως ένα cluster περιέχει τουλάχιστον 3 brokers για να υπάρχουν αντίγραφα ασφαλείας και πλεόνασμα πληροφορίας.
- **Broker:** Ένας Kafka server μέσα στο cluster. Είναι υπεύθυνος για την ανάθεση σειράς στα μηνύματα, για την εισαγωγή (commit) των μηνυμάτων στο δίσκο, καθώς και την απάντηση στα ερωτήματα (fetch requests) των consumers διακινώντας τα μηνύματα.

Ανάλυση του consumer

Κάθε consumer είναι υπεύθυνος να θυμάται το offset του τελευταίου μηνύματος, που διάβασε από ένα συγκεκριμένο Topic, έτσι ώστε να μην υπάρχει απώλεια μηνυμάτων. Συχνά οι consumers δεν είναι μοναδικά στοιχεία, αλλά ανήκουν σε συγκεκριμένα consumer groups, τα οποία είναι υπεύθυνα για την «κατανάλωση» των μηνυμάτων ενός Topic. Λειτουργούν ομαδικά και κάθε partition του topic διαβάζεται αυστηρά από έναν και μόνο consumer του group. Παρόλα αυτά ένας consumer μπορεί να είναι υπεύθυνος να διαβάζει από παραπάνω από ένα partition. Εκτός από ταχύτητα και κλιμακωσιμότητα, η ύπαρξη consumer groups βοηθά στη διαχείριση λαθών και αποτυχίας κάποιου consumer. Καθώς σε περίπτωση προβλήματος οι ευθύνες για τα partitions διαμοιράζονται ξανά στο group και δεν χάνονται μηνύματα. Κάθε μήνυμα διαβάζεται ακριβώς μια φορά από έναν consumer και consumer group, συνεπώς στην περίπτωση που θέλουμε να διαβάσουμε παραπάνω φορές τα ίδια δεδομένα για διαφορετικές εφαρμογές πρέπει οι consumer να βρίσκονται σε διαφορετικά groups .

Ανάλυση των brokers

Οι brokers είναι προγραμματισμένοι να λειτουργούν μέσα σε ένα cluster και διαχειρίζονται χιλιάδες partitions και εκατομμύρια μηνύματα το δευτερόλεπτο. Συνεπώς, μέσα σε ένα cluster πρέπει να υπάρχει κάποια μορφή οργάνωσης και ιεραρχίας. Γι' αυτό το λόγο ένας broker μέσα στο cluster ενεργεί ως ο διαχειριστής του cluster (cluster controller) και είναι υπεύθυνος για την ανάθεση των partitions στους brokers και την παρακολούθηση για τυχόν λάθη και αποτυχίες των brokers. Κάθε partition ανήκει σε έναν συγκεκριμένο broker μέσα στο cluster, ο οποίος ονομάζεται partition leader για το συγκεκριμένο partition. Παρόλα αυτά υπάρχουν και σε άλλους brokers αντίγραφα του partition (replicas), προκειμένου να υπάρχει πλεόνασμα πληροφορίας και αντίγραφα ασφαλείας, έτσι ώστε με κάθε αποτυχία ή αποσύνδεση του partition leader κάποιος άλλος broker στο cluster να είναι έτοιμος να πάρει την θέση του. Σε αυτήν την περίπτωση πρέπει όλες οι εφαρμογές (producers-consumers) του παλιού leader να συνδεθούν με τον νέο, γι' αυτό το λόγο πρέπει ο καινούργιος leader να επιλεγθεί προσεκτικά για να παραμένει το φορτίο του cluster όσο το δυνατόν καλύτερα διαμοιρασμένο .

Apache Zookeeper

Βασικό κομμάτι της λειτουργίας του cluster είναι και ο Zookeeper. Ο Zookeeper είναι ένα top-level λογισμικό υλοποιημένο από την Apache, δρα ως ένα κέντρο ελέγχου για και διαχείρισης δεδομένων ονοματολογίας και ρυθμίσεων, το οποίο παρέχει ευελιξία και συγχρονισμό του cluster μέσα σε κατανεμημένα συστήματα. Είναι υπεύθυνο για το συνεχή έλεγχο της κατάστασης του συστήματός και κόμβων του cluster, καθώς και την εποπτεία των topics και των partitions. Ακόμα δίνει την δυνατότητα σε πολλούς clients να εκτελούν ταυτόχρονα read και write ενέργειες. Γενικά σημειώνεται ότι ο Kafka Server δεν μπορεί να εκτελεστεί χωρίς την εγκατάσταση του Zookeeper.

Λειτουργία του Zookeeper

Τα δεδομένα στον Zookeeper χωρίζονται σε διαφορετικές ομάδες κόμβων, με σκοπό να υπάρχει μεγάλη διαθεσιμότητα, συνέπεια και συνοχή στα δεδομένα. Επιπλέον, με τον χωρισμό των δεδομένων σε κόμβους, δημιουργούμε ένα σύστημα το οποίο μπορεί ευκολότερα και γρηγορότερα να διαχειριστεί λάθη και προβλήματα. Αν για παράδειγμα, ένας master κόμβος (κόμβος που είναι υπεύθυνος για όλη την ομάδα) αντιμετωπίσει πρόβλημα και δεν είναι διαθέσιμος, αντικαθίσταται μέσω ψηφίσματος με έναν άλλον στην ομάδα με αποτέλεσμα ο τελικός χρήστης συνδεδεμένος στον καινούργιο κόμβο να μπορεί να συνεχίσει τα αιτήματα του στο σύστημα.

Λόγοι που ο Zookeeper είναι αναγκαίος:

- ✓ **Ανάδειξη controller (*Controller election*):** Ο controller είναι υπεύθυνος να διατηρεί τις σχέσεις follower-leader ανάμεσα στα partitions του cluster. Σε περίπτωση σφάλματος ο προβληματικός κόμβος ενημερώνει όλα τα αντίγραφα ασφαλείας (replicas) για την αποχώρησή του και αυτά με τη σειρά τους προχωρούν στην εκλογή ενός καινούργιου controller για το σύστημα. Κάθε δεδομένη στιγμή υπάρχει μοναδικός controller, τον οποίο γνωρίζουν όλοι και για τον οποίο έχουν συμφωνήσει όλοι.
- ✓ **Ρύθμιση παραμέτρων των topics (*Configuration Of Topics*):** Οι ρυθμίσεις που αφορούν τα topics, όπως ονόματα υπαρχόντων topics, αριθμός και τοποθεσία αντιγράφων ασφαλείας (replicas), αριθμός partitions, λίστα ειδικών ρυθμίσεων του topic καθώς και ποιός κόμβος είναι ο leader για κάθε topic αποθηκεύονται στον Zookeeper.
- ✓ **Πληροφορίες Πρόσβασης (*Access control lists*):** Οι πληροφορίες για το ποιός χρήστες έχουν πρόσβαση σε συγκεκριμένα topics αποθηκεύεται στον Zookeeper.
- ✓ **Πληροφορίες για το cluster (*Membership of the cluster*):** Στο Zookeeper ακόμα αποθηκεύεται η λίστα με τους ενεργούς brokers του cluster κάθε δεδομένη στιγμή.

3.3 Το Apache Kafka σαν εργαλείο

Το Apache Kafka είναι μία πλατφόρμα ανοικτού κώδικα, που ανήκει στο Apache Software Foundation, το οποίο επικεντρώνεται στην επεξεργασία και μετάδοση ροής δεδομένων . Το έργο ξεκίνησε το 2011 από τη LinkedIn, την εταιρεία πίσω από το κοινωνικό δίκτυο για επαγγελματίες και στόχος της ήταν να αναπτυχθεί μια ουρά μηνυμάτων. Από την πρώτη δωρεάν (license-free) διανομή (Apache 2.0), οι δυνατότητες αυτού του λογισμικού έχουν επεκταθεί σε μεγάλο βαθμό, μετατρέποντας την από μια απλή εφαρμογή ουράς αναμονής σε μια ισχυρή και κατανεμημένη πλατφόρμα streaming με ένα ευρύ φάσμα λειτουργιών. Χρησιμοποιείται από γνωστές εταιρείες όπως η Netflix, η Microsoft και η Airbnb. Μια πλατφόρμα ροής έχει τρεις βασικές δυνατότητες:

- Δημοσίευση και εγγραφή (Publish and subscribe) σε ροές εγγραφών, παρόμοια με μια ουρά μηνυμάτων ή ένα σύστημα ανταλλαγής μηνυμάτων επιχείρησης.
- Αποθήκευση κάθε ροής εγγραφών με ανοχή σε σφάλματα (fault-tolerant).
- Επεξεργασία σε ροές εγγραφών καθώς συμβαίνουν.

Το Kafka χρησιμοποιείται γενικά για δύο μεγάλες κατηγορίες εφαρμογών:

- Δημιουργία αγωγών ροής δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, για την ανταλλαγή δεδομένων με αξιοπιστία μεταξύ συστημάτων ή εφαρμογών.
- Δημιουργία εφαρμογών ροής σε πραγματικό χρόνο που μετασχηματίζουν ή αντιδρούν στις ροές δεδομένων.

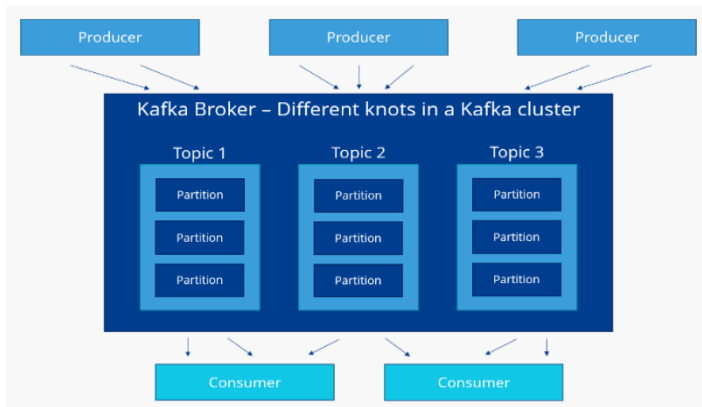
Το Apache Kafka έχει σχεδιαστεί, κυρίως, για τη βελτιστοποίηση της μετάδοσης και επεξεργασίας των ροών δεδομένων, που μεταφέρονται μέσω απευθείας σύνδεσης μεταξύ του δέκτη δεδομένων και της πηγής δεδομένων. Το Kafka ενεργεί ως σημείο αναφοράς ανταλλαγής μηνυμάτων μεταξύ του αποστολέα και του δέκτη, παρέχοντας λύσεις στις κοινές προκλήσεις, που αντιμετωπίζει ο συγκεκριμένος τύπος σύνδεσης. Για παράδειγμα, η πλατφόρμα Apache παρέχει λύση στην αδυναμία αποθήκευσης δεδομένων ή μηνυμάτων σε

προσωρινή μνήμη, όταν ο δέκτης δεν είναι διαθέσιμος (π.χ. λόγω προβλημάτων δικτύου). Επιπλέον, μια σωστά ρυθμισμένη ουρά Kafka αποτρέπει την υπερφόρτωση του δέκτη από τον αποστολέα. Αυτό συμβαίνει πάντα όταν η πληροφορία αποστέλλεται γρηγορότερα από ό,τι μπορεί να ληφθεί και να υποβληθεί σε επεξεργασία κατά τη διάρκεια μίας απευθείας σύνδεσης. Τέλος, το λογισμικό Kafka είναι ιδανικό για καταστάσεις, στις οποίες το στοχευόμενο σύστημα λαμβάνει το μήνυμα, αλλά καταρρέει κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας. Ενώ ο αποστολέας κανονικά υποθέτει ότι η επεξεργασία έχει συμβεί παρά το πρόβλημα που συνέβη, το Apache Kafka αναφέρει την αποτυχία στον αποστολέα.

Σε αντίθεση με τις καθарές υπηρεσίες ερωτημάτων/μηνυμάτων όπως οι βάσεις δεδομένων, το Apache Kafka είναι ανθεκτικό σε σφάλματα. Αυτό σημαίνει ότι το λογισμικό ικανοποιεί τις απαιτήσεις για τη συνέχιση της επεξεργασίας των μηνυμάτων και των δεδομένων. Το Apache Kafka, σε συνδυασμό με την υψηλή επεκτασιμότητα και την ικανότητά του να διανέμει μεταδιδόμενες πληροφορίες σε οποιοδήποτε σύστημα (διανεμημένο αρχείο καταγραφής συναλλαγών), αποτελεί εξαιρετική λύση για όλες τις υπηρεσίες που πρέπει να διασφαλίζουν ότι τα δεδομένα αποθηκεύονται και επεξεργάζονται γρήγορα, διατηρώντας παράλληλα υψηλή διαθεσιμότητα.

3.4 Επισκόπηση αρχιτεκτονικής Apache kafka

Το Apache Kafka λειτουργεί ως σύμπλεγμα (cluster) σε έναν ή περισσότερους διακομιστές, που μπορούν να ευρισκονται σε πολλαπλά κέντρα δεδομένων. Οι μεμονωμένοι διακομιστές στο σύμπλεγμα, γνωστοί ως brokers, αποθηκεύουν και κατηγοριοποιούν τις εισερχόμενες ροές δεδομένων σε θέματα (topics). Τα δεδομένα χωρίζονται σε διαμερίσματα (partitions), αναπαράγονται και διανέμονται μέσα στο cluster και τους αποδίδεται μία χρονική σφραγίδα (timestamp). Ως αποτέλεσμα, η πλατφόρμα ροής εξασφαλίζει υψηλή διαθεσιμότητα (availability) και γρήγορο χρόνο πρόσβασης ανάγνωσης [20].



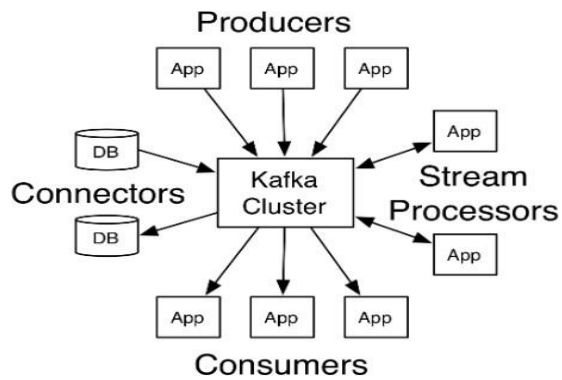
Εικόνα 6. Κατανομή θεμάτων σε broker και διανομή κάθε partition σε καταναλωτές

Πηγή: Digital Guide IONOS <https://www.ionos.co.uk/digitalguide/server/knownow/apache-kafka/>

Οι εφαρμογές που γράφουν δεδομένα σε ένα Kafka cluster ονομάζονται παραγωγοί (producers), ενώ οι εφαρμογές που διαβάζουν δεδομένα από ένα Kafka cluster ονομάζονται καταναλωτές (consumers). Το κεντρικό στοιχείο που χρησιμοποιούν οι παραγωγοί και οι καταναλωτές κατά την επεξεργασία των ροών δεδομένων είναι μια βιβλιοθήκη Java που ονομάζεται Kafka Streams. Υποστηρίζοντας συναλλακτική γραφή (transactional writing), εξασφαλίζεται ότι τα μηνύματα παραδίδονται μόνο μία φορά (χωρίς διπλότυπα). Το Kafka έχει τέσσερα βασικά API (Εικόνα 12):

- Το Producer API επιτρέπει σε μια εφαρμογή να δημοσιεύει μια ροή αρχείων σε ένα ή περισσότερα topics του Kafka.
- Το Consumer API επιτρέπει σε μια εφαρμογή να εγγράφει σε ένα ή περισσότερα θέματα και να επεξεργάζεται τη ροή των αρχείων που παράγονται σε αυτά.
- Το Streams API επιτρέπει σε μια εφαρμογή να ενεργεί ως επεξεργαστής ροής, καταναλώνοντας μια ροή εισόδου από ένα ή περισσότερα topics και δημιουργώντας μια ροή εξόδου σε ένα ή περισσότερα topics, μετατρέποντας αποτελεσματικά τις ροές εισόδου σε ροές εξόδου.

- Το Connector API επιτρέπει την κατασκευή και λειτουργία επαναχρησιμοποιήσιμων παραγωγών ή καταναλωτών που συνδέουν τα Kafka topics με υπάρχουσες εφαρμογές ή συστήματα δεδομένων. Για παράδειγμα, ένας σύνδεσμος σε μια σχεσιακή βάση δεδομένων μπορεί να καταγράφει κάθε αλλαγή σε έναν πίνακα.

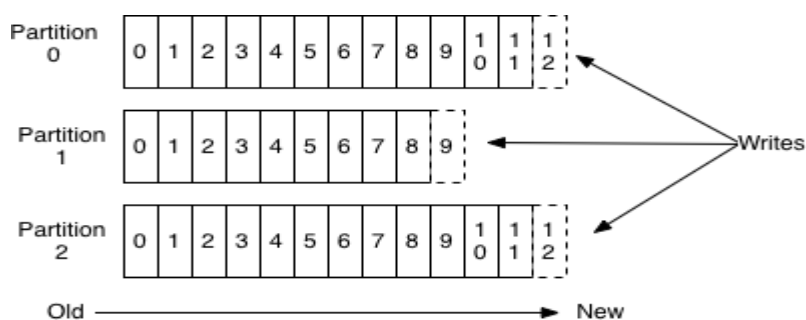


Εικόνα 7. Kafka APIs

Πηγή: Apache Kafka <https://kafka.apache.org/20/documentation.html>

3.5 Topics και Logs

Ένα θέμα (topic) είναι μια κατηγορία ή μια ονομασία ροής, στην οποία δημοσιεύονται οι εγγραφές. Τα topics στο Kafka είναι πάντα πολυ-συνδρομητικά, δηλαδή, ένα topic μπορεί να έχει μηδέν, έναν ή πολλούς καταναλωτές που εγγράφονται στα δεδομένα αυτού. Για κάθε topic, το Kafka cluster διατηρεί ένα τεμαχισμένο σε διαμερίσματα αρχείο καταγραφής που μοιάζει με αυτό της Εικόνας 13. Τα διαμερίσματα στο αρχείο καταγραφής εξυπηρετούν διάφορους σκοπούς. Επιτρέπουν στο αρχείο καταγραφής να υπερβαίνει το μέγεθος, που θα χωρέσει σε ένα μόνο διακομιστή. Κάθε μεμονωμένο διαμέρισμα πρέπει να ταιριάζει στους διακομιστές που το φιλοξενούν, αλλά ένα topic μπορεί να έχει πολλά διαμερίσματα ώστε να μπορεί να χειριστεί ένα αυθαίρετο μέγεθος δεδομένων.



Εικόνα 8: Εγγραφή/Ανάγνωση σε partitions των topics

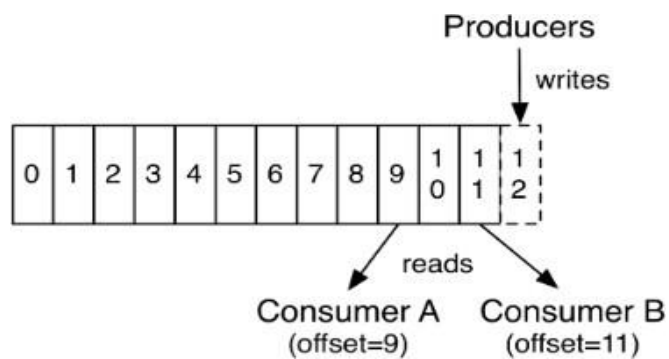
Πηγή: Java t point <https://www.javatpoint.com/kafka-topics>

Κάθε διαμέρισμα είναι μια ταξινομημένη, αμετάβλητη ακολουθία αρχείων που προσαρτάται συνεχώς σε ένα δομημένο αρχείο καταγραφής. Οι εγγραφές στα διαμερίσματα έχουν καθεμιά ένα αναγνωριστικό αριθμό, που ονομάζεται μετατόπιση (offset) και προσδιορίζει με μοναδικό τρόπο κάθε εγγραφή μέσα στο διαμέρισμα.

Το Kafka cluster διατηρεί όλες τις δημοσιευμένες εγγραφές - ανεξάρτητα από το αν έχουν καταναλωθεί ή όχι - σύμφωνα με μια προσδιοριζόμενη περίοδο διατήρησης. Για παράδειγμα, αν η πολιτική διατήρησης έχει οριστεί σε δύο ημέρες, τότε για δύο ημέρες μετά τη δημοσίευση η εγγραφή θα είναι διαθέσιμη για κατανάλωση και μετά θα απορριφθεί για

να ελευθερωθεί χώρος. Η απόδοση του Kafka είναι ουσιαστικά σταθερή σε σχέση με το μέγεθος των δεδομένων, οπότε η αποθήκευση δεδομένων για μεγάλο χρονικό διάστημα δεν αποτελεί πρόβλημα.

Στην πραγματικότητα, τα μόνα μεταδεδομένα, που διατηρούνται ανά καταναλωτή είναι το offset ή η θέση του εν λόγω καταναλωτή στο log. Το offset ελέγχεται από τον καταναλωτή: υπό κανονικές συνθήκες, ο καταναλωτής θα αυξήσει το offset του γραμμικά, καθώς διαβάζει τα αρχεία, αλλά στην πραγματικότητα, εφόσον η θέση ελέγχεται από τον καταναλωτή, μπορεί να καταναλώνει αρχεία με οποιαδήποτε σειρά επιθυμεί. Για παράδειγμα, ένας καταναλωτής μπορεί να ανατρέξει σε παλαιότερο offset για να επανεπεξεργαστεί δεδομένα από το παρελθόν ή να προχωρήσει στην πιο πρόσφατη εγγραφή και να αρχίσει να καταναλώνει τα τωρινά δεδομένα.



Εικόνα 9: Παράδειγμα χρήσης offset κατά την ανάγνωση από δύο διαφορετικούς καταναλωτές

Πηγή: Apache Kafka <https://kafka.apache.org/20/documentation.html>

Αυτός ο συνδυασμός χαρακτηριστικών σημαίνει ότι οι καταναλωτές του Kafka δεν έχουν κάποια ουσιαστική επίδραση στο σύστημα - μπορούν να εισέλθουν και να αποχωρούν χωρίς μεγάλη επίδραση στο cluster ή σε άλλους καταναλωτές. Για παράδειγμα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα εργαλεία της γραμμής εντολών για να διαβαστούν τα περιεχόμενα οποιουδήποτε topic χωρίς να αλλάξει τι καταναλώνεται από τους υπάρχοντες καταναλωτές.

Διανομή

Τα διαμερίσματα του αρχείου καταγραφής διανέμονται στους διακομιστές του Kafka cluster με κάθε διακομιστή να χειρίζεται δεδομένα και αιτήματα για ένα μέρος των κατατμήσεων. Κάθε διαμέρισμα αντιγράφεται σε έναν διαμορφωμένο αριθμό διακομιστών για ανοχή σφάλματος. Κάθε κατάτμηση έχει έναν εξυπηρετητή, που ενεργεί ως "leader" και οι υπόλοιποι εξυπηρετητές, που λειτουργούν ως "followers". Ο leader χειρίζεται όλα τα αιτήματα ανάγνωσης και εγγραφής για το διαμέρισμα, ενώ οι followers λειτουργούν παθητικά με τον εκάστοτε leader. Εάν ο επιλεγμένος leader αποτύχει, ένας από τους followers θα γίνει αυτομάτως ο νέος leader. Κάθε διακομιστής λειτουργεί ως leader για μερικά από τα διαμερίσματά του και follower για άλλους, ώστε το φορτίο να είναι καλά ισορροπημένο μέσα στο cluster.

Γεωγραφική Αναπαραγωγή

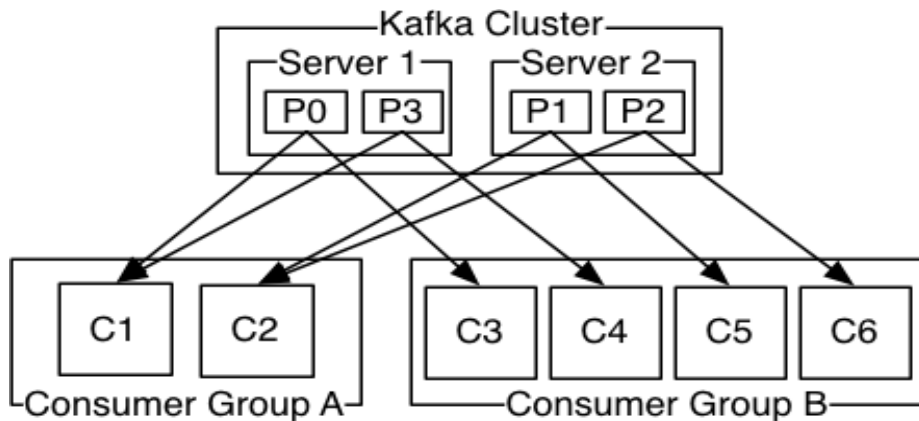
Το Kafka MirrorMaker είναι ένα εργαλείο που παρέχει υποστήριξη γεωγραφικής αναπαραγωγής για τα clusters. Με το MirrorMaker, τα μηνύματα αναπαράγονται σε πολλαπλά κέντρα δεδομένων ή Cloud Regions. Ο χρήστης μπορεί να το χρησιμοποιήσει σε ενεργά / παθητικά σενάρια για τη δημιουργία αντιγράφων ασφαλείας και την ανάκτηση τους, ή σε ενεργά / παθητικά σενάρια για να τοποθετήσει δεδομένα πιο κοντά στους πελάτες ή για να υποστηρίξει τις απαιτήσεις της τοποθεσίας δεδομένων.

Παραγωγοί

Οι παραγωγοί (producers) δημοσιεύουν δεδομένα στα θέματα της επιλογής τους. Ο producer είναι υπεύθυνος για την επιλογή του αρχείου, που θα αντιστοιχίσει σε κάποιο διαμέρισμα και θέμα. Αυτό μπορεί να γίνει με μέθοδο round-robin για να εξισορροπηθεί το φορτίο ή να γίνει σύμφωνα με κάποια συνάρτηση σημασιολογικού διαμερισμού (για παράδειγμα με βάση κάποιο κλειδί στο αρχείο).

Καταναλωτές

Οι καταναλωτές (consumers) επισημαίνουν τον εαυτό τους με ένα όνομα ομάδας καταναλωτών και κάθε εγγραφή (record), που δημοσιεύεται σε ένα θέμα, παραδίδεται σε υποσύνολο καταναλωτών εντός κάθε ομάδας καταναλωτών. Οι καταναλωτές μπορούν να βρίσκονται σε ξεχωριστές διαδικασίες ή ακόμα και σε ξεχωριστές μηχανές. Εάν όλα τα μέλη έχουν την ίδια ομάδα καταναλωτών, τότε τα αρχεία θα είναι αποτελεσματικά και ισόρροπα διαμοιρασμένα σε σχέση με τους καταναλωτές. Εάν όλα τα consumer instances έχουν διαφορετικές ομάδες καταναλωτών, τότε κάθε αρχείο θα μεταδοθεί σε όλες τις διεργασίες των καταναλωτών (consumer processes).



Εικόνα 10. Παράδειγμα ομάδων καταναλωτών σε ένα Kafka cluster

Πηγή: <https://cwiki.apache.org/confluence/display/SENTRY/apache+Kafka+Authorization+with+Apache+Sentry>

Συνηθέστερα, ωστόσο, τα θέματα έχουν μικρό αριθμό ομάδων καταναλωτών, δηλαδή μία για κάθε λογικό συνδρομητή. Κάθε ομάδα αποτελείται από πολλούς καταναλωτές για επεκτασιμότητα και ανοχή σφάλματος. Ο τρόπος με τον οποίο εφαρμόζεται η κατανάλωση στο Kafka είναι η διαίρεση των κατατμήσεων στο αρχείο καταγραφής, έτσι ώστε κάθε ένας καταναλωτής να είναι ο αποκλειστικός καταναλωτής ενός δίκαιου μεριδίου διαμερισμάτων ανά πάσα στιγμή. Αυτή η διαδικασία διατήρησης της ιδιότητας μέλους της ομάδας αντιμετωπίζεται δυναμικά από το πρωτόκολλο Kafka. Εάν νέοι καταναλωτές συμμετέχουν

στην ομάδα, θα αναλάβουν ορισμένα διαμερίσματα από άλλα μέλη της ομάδας και αν ένα instance τερματιστεί, τα κατατμήματά του θα διανεμηθούν στα υπόλοιπα.

Το Kafka παρέχει μόνο μία συνολική διάταξη για τα αρχεία μέσα σε ένα διαμέρισμα και όχι ανάμεσα σε διαφορετικά διαμερίσματα σε ένα topic. Η διάταξη ανά διαμέρισμα σε συνδυασμό με τη δυνατότητα κατανομής δεδομένων ανά κλειδί είναι αρκετή για τις περισσότερες εφαρμογές. Ωστόσο, αν χρειάζεται συνολική διάταξη (ordering) για τα αρχεία, αυτό μπορεί να επιτευχθεί με ένα topic που έχει μόνο ένα διαμέρισμα, αν και αυτό θα σημαίνει μόνο μία διεργασία ανά ομάδα καταναλωτών.

Εγγυήσεις

Σε υψηλό επίπεδο (high-level), το Kafka δίνει τις ακόλουθες εγγυήσεις:

- Τα μηνύματα, που αποστέλλονται από έναν παραγωγό σε ένα συγκεκριμένο διαμέρισμα ενός θέματος (topic partition), θα επισυνάπτονται με τη σειρά που αποστέλλονται. Δηλαδή, εάν από τον ίδιο παραγωγό η εγγραφή M1 αποστέλλεται πριν από την εγγραφή M2, τότε η M1 θα έχει χαμηλότερη μετατόπιση (offset) από τη M2 και θα εμφανίζεται νωρίτερα στο log.
- Ένας καταναλωτής βλέπει τα αρχεία με τη σειρά που αποθηκεύονται στο log.
- Για ένα topic με συντελεστή αναπαραγωγής N (replication factor), θα παρέχεται ανοχή έως και N-1 αποτυχίες διακομιστή χωρίς να χαθεί κανένα αρχείο που δεσμεύεται στο αρχείο καταγραφής.

3.6 Χρήση Apache kafka ως σύστημα μετάδοσης μηνυμάτων

Η διαδικασία παράδοσης μηνυμάτων έχει παραδοσιακά δύο μοντέλα: queuing (ουρά) και publish-subscribe (δημοσίευση-εγγραφή). Σε μια ουρά, μια ομάδα καταναλωτών μπορεί να διαβάσει από ένα διακομιστή και κάθε εγγραφή πηγαίνει σε μία από αυτές. Στη δημοσίευση-εγγραφή, το αρχείο μεταδίδεται σε όλους τους καταναλωτές. Κάθε ένα από αυτά τα μοντέλα έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Η ουρά επιτρέπει τη διαίρεση της επεξεργασίας

των δεδομένων σε πολλαπλούς καταναλωτές, γεγονός που διευκολύνει την κλιμάκωση της επεξεργασίας. Δυστυχώς, οι ουρές δεν υποστηρίζουν πολλαπλούς συνδρομητές (multi-subscribers), άρα μόλις μια διαδικασία διαβάσει τα δεδομένα αυτά παύουν να υπάρχουν. Η δημοσίευση-εγγραφή επιτρέπει τη μετάδοση δεδομένων σε πολλαπλές διεργασίες, αλλά δεν υπάρχει τρόπος κλιμάκωσης, αφού κάθε μήνυμα μεταφέρεται σε κάθε συνδρομητή.

Η έννοια της ομάδας των καταναλωτών στο Kafka γενικεύει αυτές τις δύο έννοιες. Όπως και με μια ουρά, η ομάδα καταναλωτών επιτρέπει τη διαίρεση της επεξεργασίας μέσω μιας συλλογής διαδικασιών (τα μέλη της ομάδας καταναλωτών). Όπως και με τη δημοσίευση-εγγραφή, το Kafka επιτρέπει τη μετάδοση μηνυμάτων σε πολλαπλές ομάδες καταναλωτών. Το πλεονέκτημα του μοντέλου του Kafka είναι ότι κάθε topic έχει και αυτές τις ιδιότητες - μπορεί να πραγματοποιήσει κλιμάκωση και είναι επίσης πολυ-συνδρομητής - και δεν χρειάζεται να γίνεται επιλογή στο ένα ή στο άλλο.

Το Kafka προσφέρει ισχυρότερες εγγυήσεις σε σχέση με ένα παραδοσιακό σύστημα ανταλλαγής μηνυμάτων. Μια παραδοσιακή ουρά διατηρεί τα κατά σειρά (in-order) αρχεία στον εξυπηρετητή και εάν πολλαπλοί καταναλωτές καταναλώνουν από την ουρά, τότε ο διακομιστής εκχωρεί αρχεία με τη σειρά που αυτά αποθηκεύονται. Ωστόσο, παρόλο που ο διακομιστής παραδίδει τα αρχεία με τη σειρά, τα αρχεία διανέμονται ασύγχρονα στους καταναλωτές, έτσι να μπορούν να φτάσουν εκτός σειράς σε διαφορετικούς καταναλωτές.

3.7 Λόγοι επιλογής τεχνολογίας Apache Kafka

Υπάρχουν πολλές επιλογές για τη δημοσίευση/εγγραφή συστημάτων ανταλλαγής μηνυμάτων, οπότε θα εξετάσουμε τι κάνει το Apache Kafka μια καλή επιλογή.

Παρακάτω παρατίθενται τα χαρακτηριστικά που δίνουν σαφές πλεονέκτημα της τεχνολογίας Apache Kafka έναντι άλλων επιλογών.

- **Πολλαπλοί Παραγωγοί**

Ο Kafka είναι σε θέση να χειριστεί απρόσκοπτα πολλούς παραγωγούς, είτε αυτοί οι πελάτες χρησιμοποιούν πολλά θέματα είτε το ίδιο θέμα. Αυτό καθιστά το σύστημα ιδανικό για τη συγκέντρωση δεδομένων από πολλά συστήματα προσώπου και το καθιστά συνεπές. Για παράδειγμα, ένας ιστότοπος, που εξυπηρετεί περιεχόμενο στους χρήστες μέσω μιας σειράς μικροϋπηρεσιών, μπορεί να έχει ένα μόνο θέμα για προβολές σελίδων, στο οποίο όλες οι υπηρεσίες μπορούν να γράψουν χρησιμοποιώντας μια κοινή μορφή. Οι καταναλωτικές εφαρμογές μπορούν στη συνέχεια να λάβουν μια μόνο ροή προβολών σελίδας για όλες τις εφαρμογές στον ιστότοπο χωρίς να χρειάζεται να συντονίσουν την κατανάλωση από πολλά θέματα, μία για κάθε εφαρμογή.

- **Πολλαπλοί Καταναλωτές (Consumers)**

Εκτός από πολλούς παραγωγούς, το Kafka έχει σχεδιαστεί για πολλούς καταναλωτές να διαβάζουν οποιαδήποτε ροή μηνυμάτων χωρίς να παρεμβαίνουν μεταξύ τους. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με πολλά συστήματα αναμονής, όπου όταν ένα μήνυμα καταναλωθεί από έναν πελάτη, δεν είναι διαθέσιμο σε κανέναν άλλο. Πολλοί καταναλωτές Kafka μπορούν να επιλέξουν να λειτουργούν ως μέρος μιας ομάδας και να μοιράζονται μια ροή, διασφαλίζοντας ότι ολόκληρη η ομάδα επεξεργάζεται ένα δεδομένο μήνυμα μόνο μία φορά.

- **Διατήρηση βάσει δίσκου**

Όχι μόνο το Kafka μπορεί να χειριστεί πολλούς καταναλωτές, αλλά η διαρκής διατήρηση μηνυμάτων σημαίνει ότι οι καταναλωτές δεν χρειάζεται πάντα να εργάζονται σε πραγματικό χρόνο. Τα μηνύματα δεσμεύονται στο δίσκο και θα αποθηκεύονται με ρυθμιζόμενους κανόνες διατήρησης. Αυτές οι επιλογές μπορούν να επιλεγούν ανά θεματική βάση, επιτρέποντας στα διαφορετικά ρεύματα μηνυμάτων να έχουν διαφορετικά ποσά διατήρησης ανάλογα με τις ανάγκες των καταναλωτών. Ανθεκτική διατήρηση σημαίνει ότι εάν ένας

καταναλωτής μείνει πίσω, είτε λόγω αργής επεξεργασίας είτε λόγω έκρηξης της κυκλοφορίας, δεν υπάρχει κίνδυνος απώλειας δεδομένων. Σημαίνει, επίσης, ότι η συντήρηση μπορεί να επιτευχθεί στους καταναλωτές, που παίρνουν τις εφαρμογές εκτός σύνδεσης για μικρό χρονικό διάστημα, χωρίς να ανησυχούν για μηνύματα που υποστηρίζουν τον παραγωγό ή χαθούν. Οι καταναλωτές μπορούν να σταματήσουν και τα μηνύματα θα διατηρηθούν στο Kafka. Αυτό τους επιτρέπει να επανεκκινήσουν και να παραλάβουν μηνύματα επεξεργασίας από εκεί που σταμάτησαν, χωρίς απώλεια δεδομένων.

- **Κλιμακούμενος**

Η ευέλικτη επεκτασιμότητα του Kafka καθιστά εύκολη τη διαχείριση οποιασδήποτε ποσότητας δεδομένων. Οι χρήστες μπορούν να ξεκινήσουν με έναν μεσίτη ως απόδειξη της ιδέας, να επεκταθούν σε μια μικρή ομάδα ανάπτυξης τριών μεσιτών και να προχωρήσουν στην παραγωγή με ένα μεγαλύτερο σύμπλεγμα δεκάδων ή ακόμη και εκατοντάδων μεσιτών που αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου καθώς τα δεδομένα αυξάνονται. Οι επεκτάσεις μπορούν να πραγματοποιηθούν, ενώ το σύμπλεγμα είναι συνδεδεμένο, χωρίς καμία επίδραση στη διαθεσιμότητα του συστήματος στο σύνολό του. Αυτό σημαίνει, επίσης, ότι μια ομάδα πολλαπλών μεσιτών μπορεί να χειριστεί την αποτυχία ενός μεμονωμένου μεσίτη και να συνεχίσει να εξυπηρετεί πελάτες. Τα συμπλέγματα, που πρέπει να ανεχθούν περισσότερες ταυτόχρονες αποτυχίες, μπορούν να διαμορφωθούν με υψηλότερους συντελεστές αναπαραγωγής.

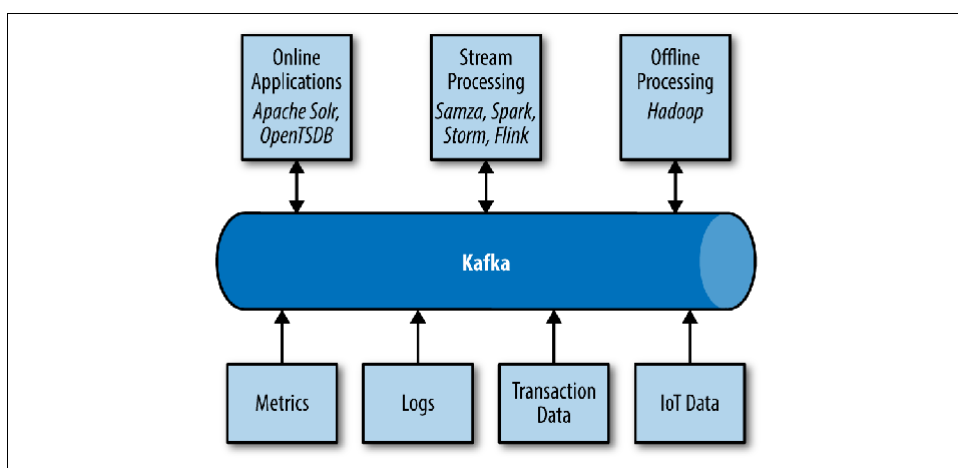
- **Υψηλή απόδοση**

Όλα αυτά τα χαρακτηριστικά συνδυάζονται για να κάνουν το Apache Kafka ένα σύστημα μηνυμάτων δημοσίευσης/εγγραφής με εξαιρετική απόδοση υπό υψηλό φορτίο. Οι παραγωγοί, οι καταναλωτές και οι agents μπορούν όλοι να επεκταθούν για να χειριστούν πολύ μεγάλα ρεύματα μηνυμάτων με ευκολία. Αυτό μπορεί να γίνει, ενώ παρέχεται ακόμη δευτερόλεπτη καθυστέρηση μηνυμάτων από την παραγωγή ενός μηνύματος στη διαθεσιμότητα στους καταναλωτές.

- **Το οικοσύστημα δεδομένων**

Πολλές εφαρμογές συμμετέχουν στα περιβάλλοντα που δημιουργούμε για την επεξεργασία δεδομένων. Έχουμε ορίσει εισόδους με τη μορφή εφαρμογών, που δημιουργούν δεδομένα ή τα εισάγουν με άλλο τρόπο στο σύστημα. Έχουμε ορίσει τα αποτελέσματα με τη μορφή μετρήσεων, αναφορών και άλλων προϊόντων δεδομένων. Δημιουργούμε βρόχους, με ορισμένα στοιχεία που διαβάζουν δεδομένα από το σύστημα, τα μετατρέπουν χρησιμοποιώντας δεδομένα από άλλες πηγές και στη συνέχεια τα εισάγουμε ξανά στην υποδομή δεδομένων που θα χρησιμοποιηθούν αλλού. Αυτό γίνεται για πολλούς τύπους δεδομένων, με το καθένα να έχει μοναδικές ιδιότητες περιεχομένου, μεγέθους και χρήσης.

Ο Apache Kafka παρέχει το κυκλοφορικό σύστημα για το οικοσύστημα δεδομένων, όπως φαίνεται στο σχήμα 1-9. Μεταφέρει μηνύματα μεταξύ των διαφόρων μελών της υποδομής, παρέχοντας μια συνεπή διεπαφή για όλους τους πελάτες. Όταν συνδυάζονται με ένα σύστημα για την παροχή προγραμμάτων μηνυμάτων, οι παραγωγοί και οι καταναλωτές δεν απαιτούν πλέον στενή σύζευξη ή απευθείας συνδέσεις οποιουδήποτε είδους. Τα συστατικά μπορούν να προστεθούν και να αφαιρεθούν, καθώς δημιουργούνται και διαλύονται επιχειρηματικές περιπτώσεις και οι παραγωγοί δεν χρειάζεται να ανησυχούν για το ποιος χρησιμοποιεί τα δεδομένα ή τον αριθμό των καταναλωτικών εφαρμογών.



Εικόνα 9: Use cases

Πηγή: O Reilly,

<https://www.oreilly.com/library/view/kafka-the-definitive/9781491936153/ch01.html>

- **Παρακολούθηση δραστηριοτήτων**

Η αρχική περίπτωση χρήσης του Kafka, όπως σχεδιάστηκε στο LinkedIn, είναι αυτή της παρακολούθησης δραστηριότητας χρήστη. Οι χρήστες ενός ιστότοπου αλληλεπιδρούν με εφαρμογές προσώπου, οι οποίες δημιουργούν μηνύματα σχετικά με τις ενέργειες που κάνει ο χρήστης. Αυτές μπορεί να είναι παθητικές πληροφορίες, όπως προβολές σελίδων και παρακολούθηση κλικ, ή μπορεί να είναι πιο πολύπλοκες ενέργειες, όπως πληροφορίες που προσθέτει ένας χρήστης στο προφίλ του. Τα μηνύματα δημοσιεύονται σε ένα ή περισσότερα θέματα, τα οποία στη συνέχεια καταναλώνονται από εφαρμογές στο backend. Αυτές οι εφαρμογές μπορεί να δημιουργούν αναφορές, να τροφοδοτούν συστήματα μηχανικής μάθησης, να ενημερώνουν τα αποτελέσματα αναζήτησης ή να εκτελούν άλλες λειτουργίες που είναι απαραίτητες για την παροχή μιας πλούσιας εμπειρίας χρήστη.

- **Μηνύματα**

Το Kafka χρησιμοποιείται, επίσης, για μηνύματα, όπου οι εφαρμογές πρέπει να στέλνουν ειδοποιήσεις (όπως email) στους χρήστες. Αυτές οι εφαρμογές μπορούν να παράγουν μηνύματα χωρίς να χρειάζεται να ανησυχούν για τη μορφοποίηση ή για το πώς θα σταλούν πραγματικά τα μηνύματα. Μια μεμονωμένη εφαρμογή μπορεί στη συνέχεια να διαβάσει όλα τα μηνύματα προς αποστολή και να τα χειριστεί με συνέπεια, συμπεριλαμβανομένων:

- ❖ Μορφοποίηση των μηνυμάτων (γνωστή και ως διακόσμηση) χρησιμοποιώντας μια κοινή εμφάνιση και αίσθηση
- ❖ Συλλογή πολλαπλών μηνυμάτων σε μία μόνο ειδοποίηση προς αποστολή
- ❖ Εφαρμογή των προτιμήσεων ενός χρήστη για το πώς θέλει να λαμβάνει μηνύματα.

Η χρήση μιας μοναδικής εφαρμογής για αυτό αποφεύγει την ανάγκη να αντιγράψετε τη λειτουργικότητα σε πολλές εφαρμογές, καθώς και επιτρέπει λειτουργίες όπως η συγκέντρωση που δεν θα ήταν άλλον δυνατό.

- **Μετρήσεις και καταγραφή**

Το Kafka είναι, επίσης, ιδανικό για τη συλλογή μετρήσεων εφαρμογών και συστήματος και αρχείων καταγραφής. Αυτή είναι μια περίπτωση χρήσης, στην οποία λάμπει η δυνατότητα πολλαπλών εφαρμογών, που παράγουν τον ίδιο τύπο μηνύματος. Οι εφαρμογές δημοσιεύουν μετρήσεις σε τακτική βάση σε ένα θέμα Κάφκα και αυτές οι μετρήσεις μπορούν να καταναλωθούν από συστήματα παρακολούθησης και ειδοποίησης. Μπορούν, επίσης, να χρησιμοποιηθούν σε ένα σύστημα εκτός σύνδεσης, όπως το Hadoop για την εκτέλεση μακροπρόθεσμης ανάλυσης, όπως προβλέψεις ανάπτυξης. Τα μηνύματα καταγραφής μπορούν να δημοσιεύονται με τον ίδιο τρόπο και μπορούν να δρομολογηθούν σε ειδικά συστήματα αναζήτησης αρχείων καταγραφής, όπως Elasticsearch ή εφαρμογές ανάλυσης ασφαλείας. Ένα άλλο πρόσθετο πλεονέκτημα του Kafka είναι ότι όταν το σύστημα προορισμού πρέπει να αλλάξει (π.χ., ήρθε η ώρα να ενημερώσετε το σύστημα αποθήκευσης αρχείων καταγραφής), δεν χρειάζεται να τροποποιήσετε τις προστιθέμενες εφαρμογές ή τα μέσα συνάθροισης.

- **Αρχείο καταγραφής δεσμεύσεων**

Δεδομένου ότι το Kafka βασίζεται στην έννοια του αρχείου καταγραφής δεσμεύσεων, οι αλλαγές στη βάση δεδομένων μπορούν να δημοσιευτούν στο Kafka και οι εφαρμογές μπορούν εύκολα να παρακολουθούν αυτήν τη ροή για να λαμβάνουν ζωντανές ενημερώσεις όταν συμβαίνουν. Αυτή η ροή αλλαγής μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την αναπαραγωγή ενημερώσεων βάσης δεδομένων σε απομακρυσμένο σύστημα ή για την ενοποίηση αλλαγών από πολλές εφαρμογές σε μία προβολή βάσης δεδομένων. Η ανθεκτική διατήρηση είναι χρήσιμη εδώ για την παροχή ενός buffer για το changelog, πράγμα που σημαίνει ότι μπορεί να αναπαραχθεί σε περίπτωση αποτυχίας των εφαρμογών που καταναλώνουν. Εναλλακτικά, τα θέματα συμπιεσμένης καταγραφής μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να παρέχουν μεγαλύτερη ανανέωση διατηρώντας μόνο μία αλλαγή ανά κλειδί.

- **Επεξεργασία ροής**

Ένας άλλος τομέας, που παρέχει πολυάριθμους τύπους εφαρμογών, είναι η επεξεργασία ροής. Ενώ σχεδόν όλη η χρήση του Kafka μπορεί να θεωρηθεί ως επεξεργασία ροής, ο όρος χρησιμοποιείται, συνήθως, για να αναφέρεται σε εφαρμογές που παρέχουν παρόμοια λειτουργικότητα για τη χαρτογράφηση/μείωση της επεξεργασίας στο Hadoop. Το Hadoop βασίζεται, συνήθως, στη συγκέντρωση δεδομένων σε μεγάλο χρονικό διάστημα, ώρες ή ημέρες. Η επεξεργασία ροής λειτουργεί σε δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, τόσο γρήγορα όσο παράγονται μηνύματα. Τα πλαίσια ροής επιτρέπουν στους χρήστες να γράφουν μικρές εφαρμογές για να λειτουργούν σε μηνύματα Kafka, εκτελώντας εργασίες όπως καταμέτρηση μετρικών, διαίρεση μηνυμάτων για αποτελεσματική επεξεργασία από άλλες εφαρμογές ή μετατροπή μηνυμάτων χρησιμοποιώντας δεδομένα από πολλαπλές πηγές.

3.8 Producers

Υπάρχουν πολλοί λόγοι που μπορεί να χρειαστεί μια εφαρμογή για να γράψει μηνύματα στο Kafka: καταγραφή δραστηριοτήτων χρηστών για έλεγχο ή ανάλυση, καταγραφή μετρήσεων, αποθήκευση ημερολογίων, καταγραφή πληροφοριών από έξυπνες συσκευές, ασύγχρονη επικοινωνία με άλλες εφαρμογές, αποθήκευση πληροφοριών πριν από την εγγραφή σε βάση δεδομένων και πολλά ακόμα.

Αυτές οι διαφορετικές περιπτώσεις χρήσης συνεπάγονται, επίσης, διαφορετικές απαιτήσεις: *Είναι κάθε μήνυμα κρίσιμο ή μπορούμε να ανεχτούμε την απώλεια μηνυμάτων; Είμαστε εντάξει με την τυχαία αντιγραφή μηνυμάτων; Υπάρχουν αυστηρές απαιτήσεις καθυστέρησης ή απόδοσης που πρέπει να υποστηρίξουμε;*

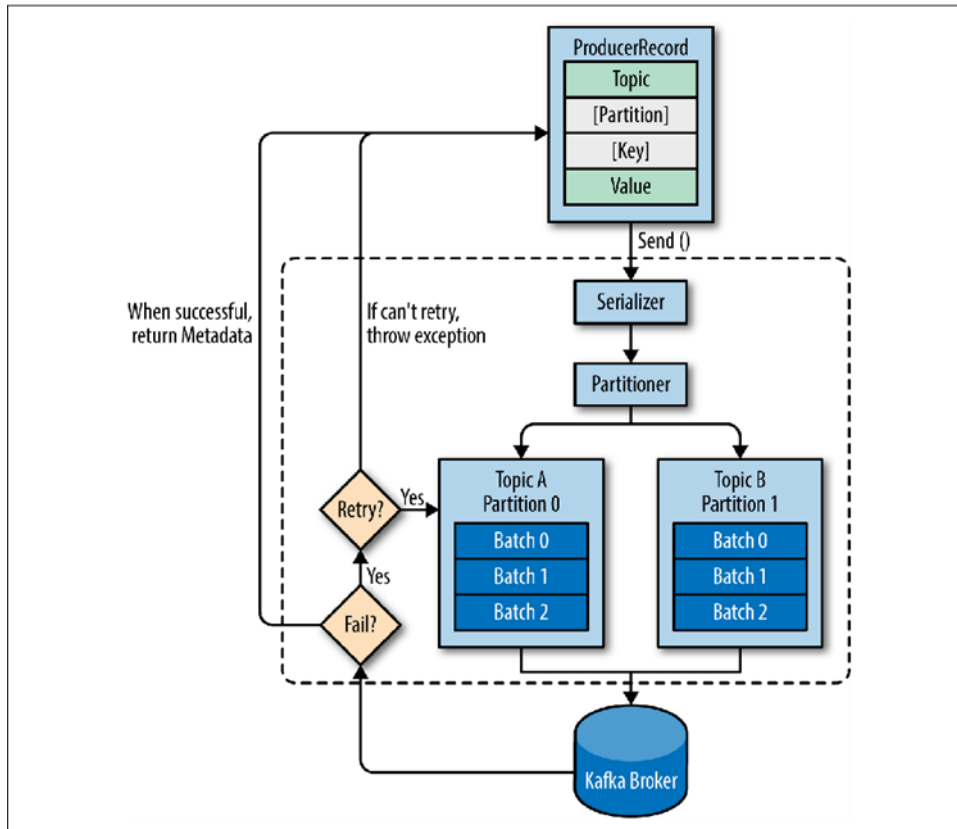
Στο παράδειγμα επεξεργασίας συναλλαγών με πιστωτική κάρτα, που παρουσιάσαμε νωρίτερα, μπορούμε να δούμε ότι είναι ζωτικής σημασίας να μην χάσουμε ποτέ ένα μήνυμα ούτε να επαναλάβουμε κανένα μήνυμα. Η καθυστέρηση θα πρέπει να είναι χαμηλή, αλλά οι καθυστερήσεις έως 500ms μπορούν να γίνουν ανεκτές και η απόδοση θα πρέπει να είναι πολύ υψηλή - αναμένουμε να επεξεργαστούμε έως και ένα εκατομμύριο μηνύματα το

δευτερόλεπτο.

Μια διαφορετική περίπτωση χρήσης μπορεί να είναι η αποθήκευση πληροφοριών κλικ από έναν ιστότοπο. Σε αυτή την περίπτωση, μπορεί να γίνει ανεκτή κάποια απώλεια μηνύματος ή μερικά διπλότυπα. η καθυστέρηση μπορεί να είναι υψηλή, εφόσον δεν υπάρχει καμία επίδραση στην εμπειρία του χρήστη. Με άλλα λόγια, δεν μας πειράζει αν χρειαστούν μερικά δευτερόλεπτα για να φτάσει το μήνυμα στον Κάφκα, αρκεί η επόμενη σελίδα να φορτωθεί, αμέσως μόλις ο χρήστης κάνει κλικ σε έναν σύνδεσμο. Η απόδοση θα εξαρτηθεί από το επίπεδο δραστηριότητας που αναμένουμε στον ιστότοπο μας.

Οι διαφορετικές απαιτήσεις θα επηρεάσουν τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιείται το API παραγωγού για να γραφτούν μηνύματα στο Kafka και τη διαμόρφωση που χρησιμοποιείται.

Ενώ τα API παραγωγών είναι πολύ απλά, υπάρχουν λίγο περισσότερα που συμβαίνουν κάτω από την κουκούλα του παραγωγού, όταν στέλνουμε δεδομένα. Το παρακάτω σχήμα δείχνει τα κύρια βήματα, που σχετίζονται με την αποστολή δεδομένων στο Kafka.



Εικόνα 10: Βήματα αποστολής μέσω Kafka

Πηγή: DZone, *Take a Deep Dive Into the Kafka Producer API*, <https://dzone.com/articles/take-a-deep-dive-into-kafka-producer-api>

Αρχίζουμε να παράγουμε μηνύματα στο Kafka, δημιουργώντας ένα `ProducerRecord`, το οποίο πρέπει να περιλαμβάνει το θέμα, στο οποίο θέλουμε να στείλουμε την εγγραφή και μια τιμή. Προαιρετικά, μπορούμε, επίσης, να καθορίσουμε ένα κλειδί ή/και ένα διαμέρισμα. Μόλις στείλουμε το `ProducerRecord`, το πρώτο πράγμα που θα κάνει ο producer είναι να σειριοποιήσει τα αντικείμενα κλειδιού και αξίας στο `ByteArrays`, ώστε να μπορούν να σταλούν μέσω του δικτύου.

Στη συνέχεια, τα δεδομένα αποστέλλονται σε έναν διαμεριστή. Εάν καθορίσαμε ένα διαμέρισμα στο `ProducerRecord`, ο διαμεριστής δεν κάνει τίποτα και απλώς επιστρέφει το διαμέρισμα που καθορίσαμε. Εάν δεν το κάναμε, ο διαμεριστής θα επιλέξει ένα διαμέρισμα για εμάς, συνήθως με βάση το κλειδί `ProducerRecord`. Μόλις επιλεγεί ένα διαμέρισμα, ο producer γνωρίζει σε ποιο θέμα και διαμέρισμα θα πάει η εγγραφή. Στη συνέχεια προσθέτει

την εγγραφή σε μια δέσμη εγγραφών, που θα σταλούν επίσης στο ίδιο θέμα και διαμέρισμα. Ένα ξεχωριστό νήμα είναι υπεύθυνο για την αποστολή αυτών των παρτίδων αρχείων στους κατάλληλους agents Kafka.

Όταν ο μεσίτης λάβει τα μηνύματα, στέλνει πίσω μια απάντηση. Εάν τα μηνύματα γράφτηκαν με επιτυχία στο Kafka, θα επιστρέψει ένα αντικείμενο RecordMetadata με το θέμα, το διαμέρισμα και την αντιστάθμιση της εγγραφής μέσα στο διαμέρισμα. Εάν ο μεσίτης απέτυχε να γράψει τα μηνύματα, θα επιστρέψει ένα σφάλμα. Όταν ο producer λάβει ένα σφάλμα, μπορεί να προσπαθήσει ξανά να στείλει το μήνυμα μερικές φορές πριν εγκαταλείψει και επιστρέψει ένα σφάλμα.

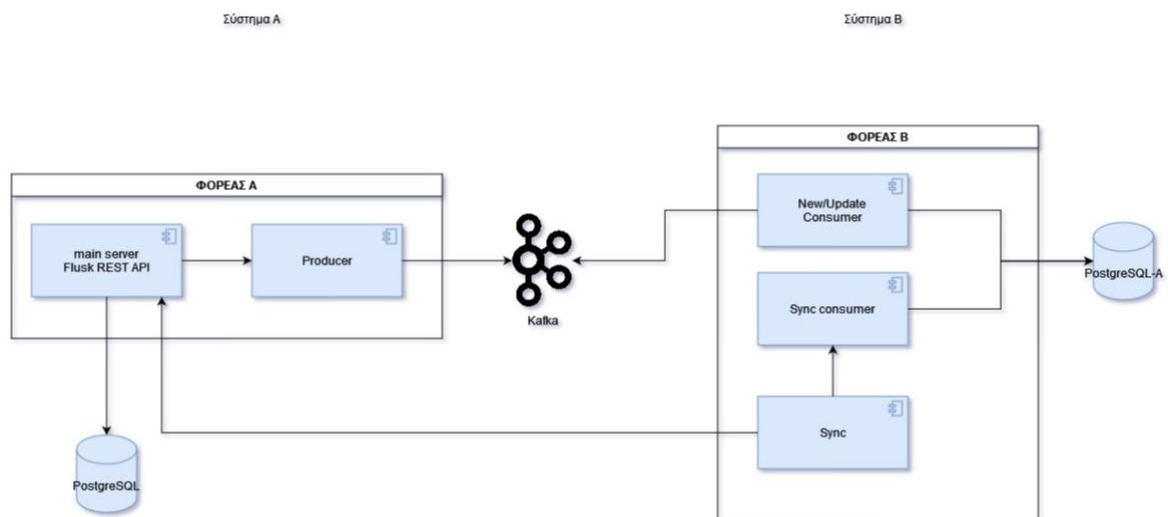
4. ΤΕΧΝΙΚΗ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΔΙΑΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ

4.1 Περιγραφή συστήματος υλοποίησης

Το υλοποιηθέν σύστημα αποτελείται από δύο βασικές κατηγορίες υποσυστημάτων.

1. **Υποσύστημα Α:** Για την εκάστοτε χρήση δεδομένων είναι μοναδικό και αποτελεί την κύρια πηγή παραγωγής ,διαχείρισης και τροφοδοσίας δεδομένων.
2. **Υποσύστημα Β:** Ποικίλουν σε αριθμό και αποτελούν τους καταναλωτές δεδομένων τα οποία τους τροφοδοτεί το υποσύστημα κατηγορίας Α.

Στην παρακάτω εικόνα παρατίθεται η τοπολογία του συστήματος, που προτείνουμε στα πλαίσια της προτεινόμενης υλοποίησης για την διαλειτουργικότητα μεταξύ φορέων.



Εικόνα 11: Τοπολογία μοντέλου υλοποίησης

Υποσύστημα Α

Το υποσύστημα Α αποτελεί μια τοπολογία διαφόρων συστημάτων, που σκοπό έχουν την διαχείριση δεδομένων και επιτρέπουν το διαμοιρασμό αυτών σε υποσυστήματα Β κατά βούληση. Τα κύρια components:

- HTTP REST Server
- Βάση Δεδομένων
- Kafka Cluster

HTTP REST Server: Ο HTTP REST Server αποτελεί την κύρια πύλη εισόδου δεδομένων. Υλοποιεί όλο το business logic, το οποίο καθορίζεται από τις ανάγκες της εκάστοτε υπηρεσίας και των δεδομένων, που αυτή θέλει να διατηρήσει. Θα πρέπει να δίνει τη δυνατότητα με τη χρήση HTTP REST τεχνολογιών να εκτελούνται CRUD (CREATE,READ,UPDATE,DELETE) εντολές πάνω στα δεδομένα μας. Επίσης, υλοποιεί την βασική επικοινωνία της διασύνδεσης με υποσυστήματα τύπου Β. Η επικοινωνία αυτή κύριο στόχο έχει τον αρχικό συγχρονισμό και στη συνέχεια τη συνεχή επικοινωνία ανάμεσα στα υποσυστήματα Α και Β. Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται στη διεπαφή, μέσω της οποίας κάποιος μπορεί να εκτελέσει κάποια CRUD εντολή δεν έχει σημασία, καθώς αυτό που απαιτείται είναι επικοινωνία μέσω HTTP.

Βάση Δεδομένων: Αποτελεί το μέσο αποθήκευσης των δεδομένων. Η επιλογή της τεχνολογίας εξαρτάται από τον τύπο των δεδομένων που θα συντηρούμε στο υποσύστημα Α. Πρόσβαση στη βάση δεδομένων δύναται να έχει μόνο ο HTTP REST του υποσυστήματος Α καθώς και οι administrators του και μόνο.

Kafka Cluster: Αποτελεί το συνδεδετικό κρίκο, μέσω του οποίου υποσυστήματα Β μπορούν να συγχρονίζουν τις βάσεις τους και να ενημερώνονται για νέα δεδομένα ή αλλαγές αυτών που γίνονται στο υποσύστημα Α. Κάθε CRUD εντολή, η οποία εκτελείται σε ένα υποσύστημα Α, θα πρέπει να έχει αποτέλεσμα ένα μήνυμα που αντιστοιχεί σε αυτή την εντολή να πηγαίνει σε όλα τα υποσυστήματα Β.

Κάθε διεπαφή ανάμεσα στα υποσυστήματα υπόκειται σε κανόνες authentication και authorization. Καμία επικοινωνία δεν είναι public. Πιο συγκεκριμένα όπως αναφέραμε πιο

πάνω, η βάση δεδομένων υπόκειται σε ακόμη πιο αυστηρούς περιορισμούς όσο αφορά το traffic το οποίο μπορεί να δεχτεί.

Το υποσύστημα A αποτελεί ανεξάρτητο υποσύστημα και η λειτουργία του δεν βασίζεται στην ύπαρξη υποσυστήματος B.

Υποσύστημα B

Ο βασικός στόχος για το υποσύστημα B είναι να βρίσκεται η βάση δεδομένων του σε συγχρονισμό (sync) με αυτή του υποσυστήματος A. Το υποσύστημα B αποτελείται από τα εξής components.

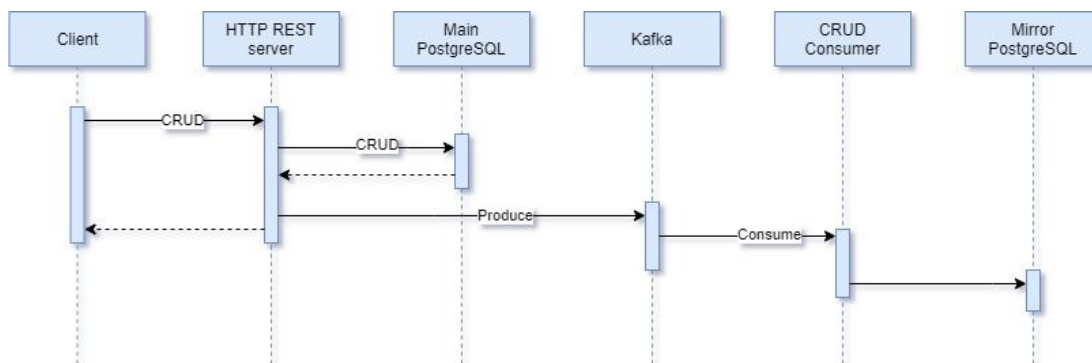
- **Sync:** Αποτελεί τον εντοπιστή του αρχικού συγχρονισμού των βάσεων δεδομένων, η οποία απαιτείται να διενεργηθεί κατά την εκκίνηση ενός υποσυστήματος B.
- **Sync Consumer:** Δημιουργείται από το Sync component και έχει διάρκεια ζωής ίση με τη διάρκεια συγχρονισμού των βάσεων δεδομένων. Μετά το πέρας του συγχρονισμού παύει να υφίσταται.
- **New/Update Consumer:** Μετά το πέρας του συγχρονισμού, αυτό το component αναλαμβάνει να ενημερώνει για οποιαδήποτε νέα εγγραφή στη βάση δεδομένων. Επίσης, έχει το ρόλο της ενσωμάτωσης στη βάση δεδομένων κάθε αλλαγής, που λαμβάνει από το Kafka Cluster του υποσυστήματος A.
- **Βάση Δεδομένων:** Αποτελεί το μέσο αποθήκευσης των δεδομένων. Απαιτείται η δημιουργία της κατάλληλης βάσης δεδομένων και υποστοιχείων της, για παράδειγμα πίνακες, περιορισμοί (constraints) κτλ.

4.2 Περιγραφή λειτουργιών

Παρακάτω θα περιγράψουμε τις δύο βασικές εφαρμογές του συστήματος και τις λειτουργίες που τις απαρτίζουν.

4.2.1 Λειτουργία CRUD

Η λειτουργία CRUD αποτελεί το βασικό business logic του συστήματος μας. Στα πλαίσια της διαλειτουργικότητας η λειτουργία αυτή απαιτείται να έχει κάποια επιμέρους χαρακτηριστικά. Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζονται τα επιμέρους χαρακτηριστικά. Προκειμένου να επιτευχθεί ο βασικός στόχος της διαλειτουργικότητας απαιτούνται όλα τα παρακάτω βήματα, που απεικονίζονται στο sequence diagram.



Εικόνα 12:Sequence diagram λειτουργίας CRUD

Το αποτέλεσμα της λειτουργίας αυτής θα πρέπει να είναι:

A) Η σωστή ενημέρωση της βάσης δεδομένων μας

B) Κατόπιν η δημοσιοποίηση της οποιασδήποτε εντολής CRUD, η οποία έχουμε δεχτεί να επιδράσει πάνω στην βάση μας. Ο HTTP REST Server δέχεται HTTP requests σε προκαθορισμένα end points, τα οποία αντιστοιχούν σε κάποια εκ των τεσσάρων CRUD εντολών (CREATE,READ,UPDATE,DELETE). Το κάθε request μπορεί να έχει διαφορετικές απαιτήσεις για το payload (τα δεδομένα τα οποία περιέχονται στο request) π.χ

η δημιουργία μιας νέας εγγραφής στη βάση μας απαιτεί την πληρότητα των δεδομένων σε αντίθεση με κάποιο update, όπου θέλουμε να κάνουμε τροποποίηση μέρους των δεδομένων.

Αφού το request περάσει τους απαιτούμενους ελέγχους, όπως για παράδειγμα καταλληλόλητα δεδομένων ως προς την εντολή που απαιτείται να εκτελεστεί, ο server εκτελεί την εντολή στη βάση δεδομένων. Στη συνέχεια ο producer, που βρίσκεται στο συγκεκριμένο http server αναλαμβάνει να μεταδώσει ένα κατάλληλο μήνυμα στο Kafka Cluster. Αφού όλες οι λειτουργίες εκτελεστούν με επιτυχία, μόνο τότε μπορούμε να απαντήσουμε στο client πως το request του είχε επιτυχία. Εδώ πρέπει να επισημανθεί πως η ύπαρξη του consumer δεν είναι απαραίτητη παρα ταύτα η ύπαρξη του consumer στην ακολουθία βημάτων που περιγράψαμε προηγουμένως αποτελεί το ένα εκ των δυο βασικών κομματιών για την υλοποίηση της διαλειτουργικότητας με τη χρήση του συστήματος μας (με το δεύτερο να είναι η λειτουργία sync που θα περιγράψουμε ακολούθως).

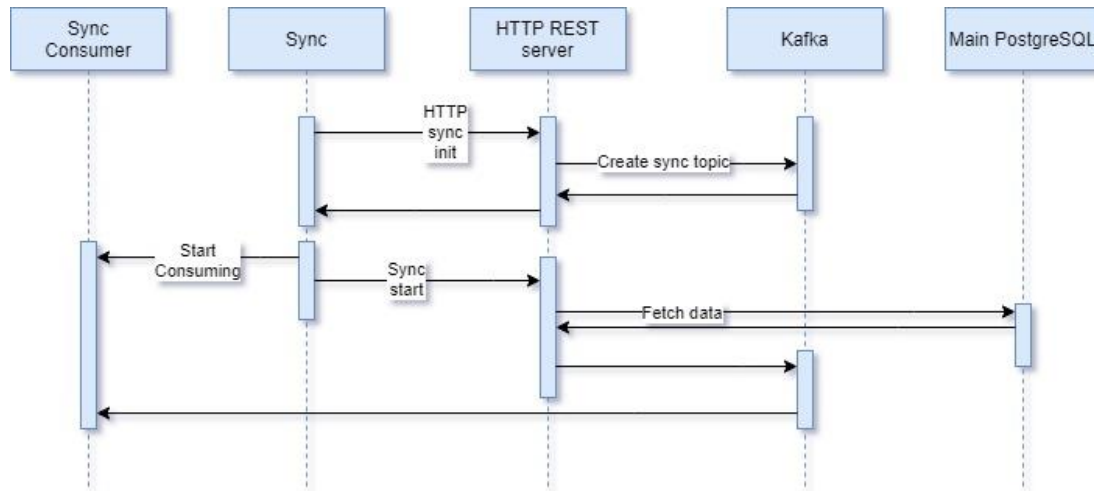
Το αποτέλεσμα των παραπάνω λειτουργιών είναι οι consumers να λαμβάνουν σε πραγματικό χρόνο την όποια CRUD εντολή και τα δεδομένα, που απαιτούνται για αυτή την όποια έχει εκτελέσει επιτυχώς ο HTTP REST server.

4.2.2 Λειτουργία Sync

Η λειτουργία sync του συστήματος μας είναι το δεύτερο στοιχείο που απαιτείται για την πλήρη υλοποίηση της διαλειτουργικότητας του συστήματος. Η λειτουργία αποτελεί το πρώτο βήμα στη διασύνδεση ενός υποσυστήματος B με ένα υποσύστημα A. Μην ξεχνάμε πως τελικός στόχος στα πλαίσια της διαλειτουργικότητας είναι η βάση δεδομένων του υποσυστήματος A και η βάση δεδομένων του υποσυστήματος B να είναι πλήρως συγχρονισμένες. Στη φάση αυτή το υποσύστημα B υλοποιεί τον αρχικό συγχρονισμό με δεδομένα, που ήδη υπάρχουν στη βάση του υποσυστήματος A. Αυτή η λειτουργία θα πρέπει να είναι το πρώτο βήμα, προτού ο consumer του υποσυστήματος B συνδεθεί στο Kafka Cluster, προκειμένου νέες CRUD εντολές να ενσωματωθούν στο υποσύστημα B.

Το υποσύστημα B ειδοποιεί τον HTTP REST Server του υποσυστήματος A πως επιθυμεί να συγχρονίσει τη βάση του με αυτή του υποσυστήματος A. Κατά την διάρκεια αυτής της επικοινωνίας συμφωνείται ένα Kafka topic, στο οποίο θα δημοσιευτούν τα τρέχοντα δεδομένα της βάσης του υποσυστήματος A, και τα οποία το υποσύστημα B θα ενσωματώσει

στη δική του βάση. Όταν τελειώσει ο συγχρονισμός των βάσεων και μόνο τότε μπορεί ο consumer του υποσυστήματος B να συνδεθεί στο Kafka Cluster του υποσυστήματος A και πλέον να ακούει CRUD μηνύματα από αυτόν.



Εικόνα 13:Sequence diagram λειτουργίας Sync

4.3 Στοιχεία Υλοποίησης

Το σύστημα, που υλοποιήθηκε στόχο έχει να επιδείξει πως είναι η εφικτή η διαλειτουργικότητα συστημάτων με τη χρήση Apache Kafka. Υλοποιήθηκε ένα σύστημα σε μικρή κλίμακα, το οποίο μπορεί να γίνει deploy τοπικά. Τα δεδομένα και οι ενέργειες επάνω τους έχουν την ελάχιστη πολυπλοκότητα και μέγεθος προς όφελος της πειραματικής λειτουργίας.

Για την υλοποίηση οποιουδήποτε business logic σε επίπεδο κώδικα χρησιμοποιήθηκε η γλώσσα προγραμματισμού Python έκδοση 3.8. Ο HTTP REST Server υλοποιήθηκε χρησιμοποιώντας το framework Flask.

Για τις βάσεις δεδομένων χρησιμοποιήθηκε η σχεσιακή βάση δεδομένων ανοικτού κώδικα PostgreSQL έκδοση 13.4. Οι βάσεις δεδομένων και το Kafka Cluster έχουν γίνει deploy τοπικά με τη χρήση Docker Compose τεχνολογίας.

Το business logic του http server και του mirror server εκτελούνται τοπικά ως python εκτελέσιμα αρχεία.

Για την εκτέλεση ερωτημάτων στο http server χρησιμοποιήθηκε η εφαρμογή Postman.

Για την πρόσβαση στην οποιαδήποτε PostgreSQL βάση χρησιμοποιείται η εφαρμογή pgadmin, η οποία, επίσης, γίνεται deploy τοπικά με την χρήση Docker Compose.

Στα πλαίσια της πειραματικής διάταξης και προκειμένου να παρουσιαστούν συγκεκριμένες λειτουργίες, κρίθηκε μη σκόπιμη η υλοποίηση κάποιας διεπαφή χρήστη (UI). Για τη συγκεκριμένη υλοποίηση και proof of concept της δυνατότητας συγχρονισμού των δύο υποσυστημάτων, η διεπαφή χρήστη αποτελεί λεπτομέρεια ήσσονος σημασίας. Επίσης, έχει μείνει πολύς χώρος προς μελέτη και βελτίωση σχετικά με το θέμα ασφάλειας. Τέλος, δεν έχουν ληφθεί αποφάσεις σχετικά με ζητήματα recoverability, availability, scalability. Όλα τα παραπάνω θέματα αποτελούν λεπτομέρειες και απαιτούν αποφάσεις στο πεδίο κατά τον σχεδιασμό ενός production-ready συστήματος.

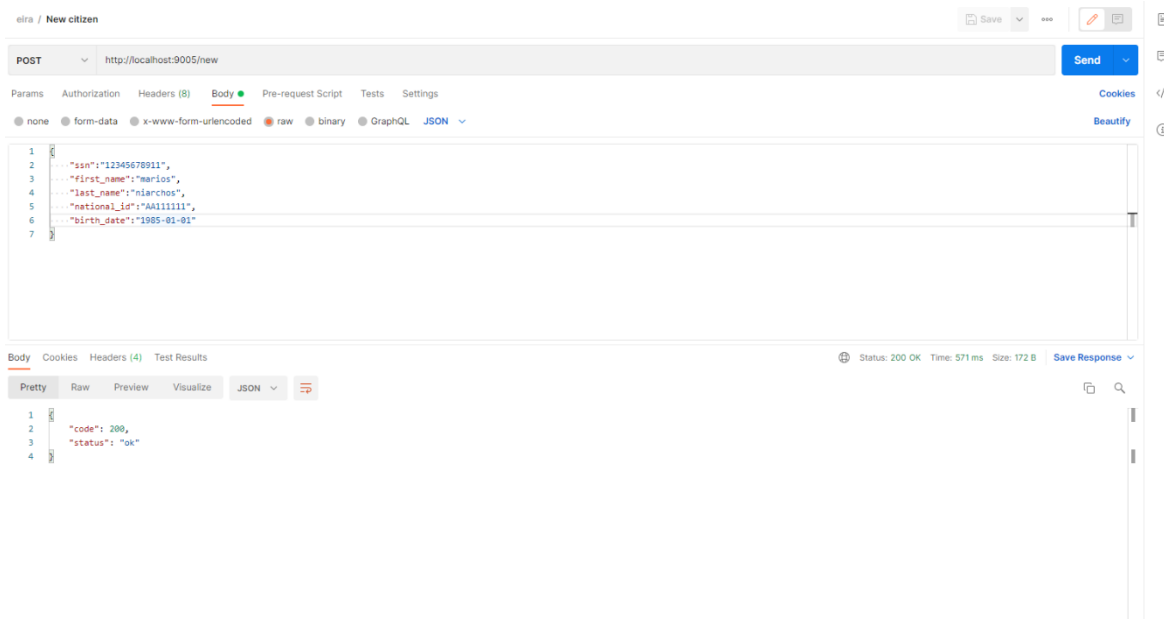
4.4 Δεδομένα υλοποίησης

Τα πειραματικά δεδομένα λειτουργούν ως παράδειγμα των στοιχείων ενός πολίτη, τα οποία θέλουμε να κοινοποιηθούν μεταξύ φορέων. Το συγκεκριμένο πείραμα αφορά τη μετάδοση των στοιχείων πολιτών μεταξύ δύο φορέων που βρίσκονται Ελλάδα και Γαλλία.

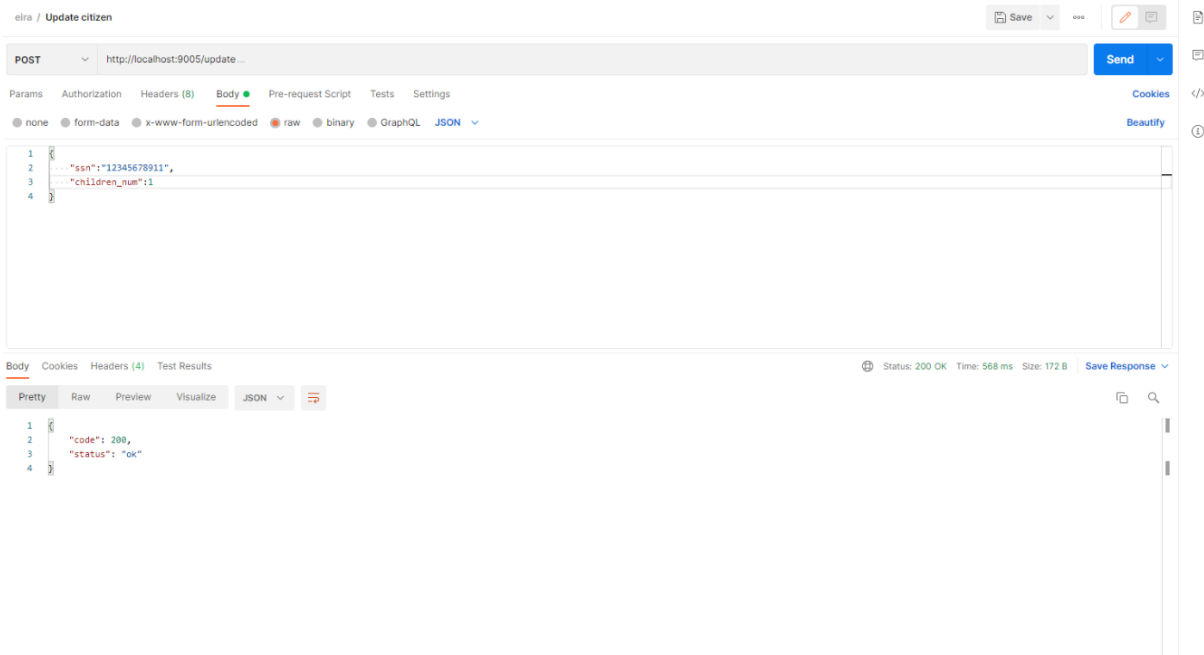
First_name	Όνομα πολίτη
Last_name	Επώνυμο πολίτη
SSN	Αριθμός Κοινωνικής Ασφάλισης
National_id	Αριθμός Ταυτότητας
Birth date	Ημερομηνία Γέννησης
Children_num	Αριθμός τέκνων

Ως ελάχιστη υλοποίηση για την ασφάλεια των δεδομένων εγκαθιδρύσαμε κανόνες για τη μορφή και τις αποδεκτές τιμές, οι οποίοι ελέγχονται κατά τη διενέργεια ενός http request προς τον http server του υποσυστήματος Α.

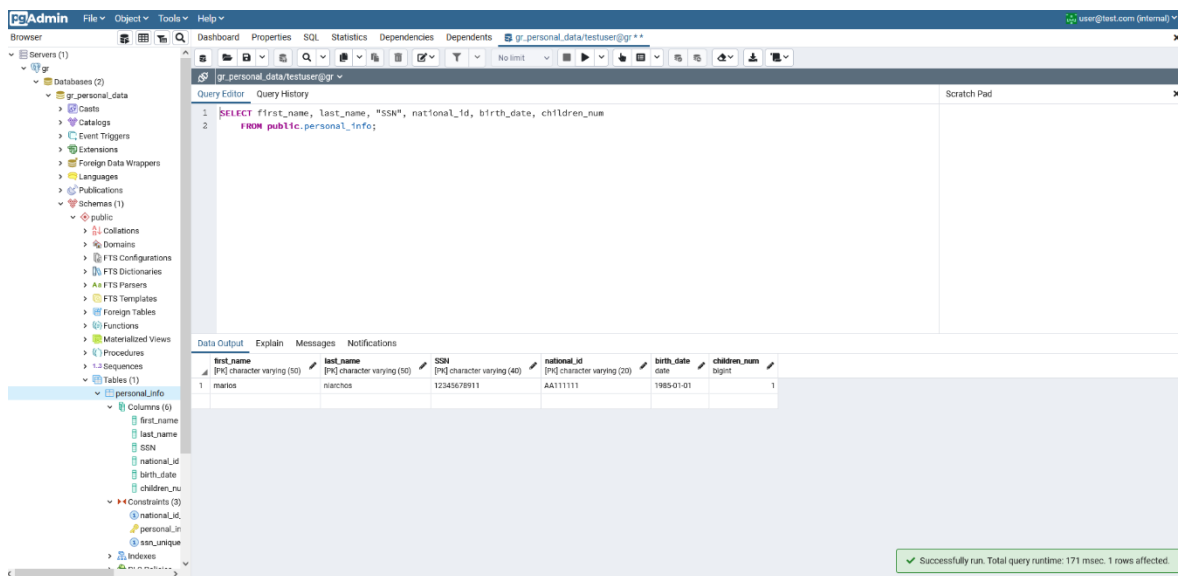
4.5 Στιγμιότυπα λειτουργίας



Εικόνα 14: Δημιουργία νέας καταχώρησης στοιχείων πολίτη



Εικόνα 15:Ενημέρωση στοιχείων πολίτη



Εικόνα 16:Περιβάλλον διαχείρισης βάσης PostgreSQL pgAdmin

Home

1 Healthy clusters

0 Unhealthy clusters

🔍 Search cluster name or id

controlcenter.cluster

Running

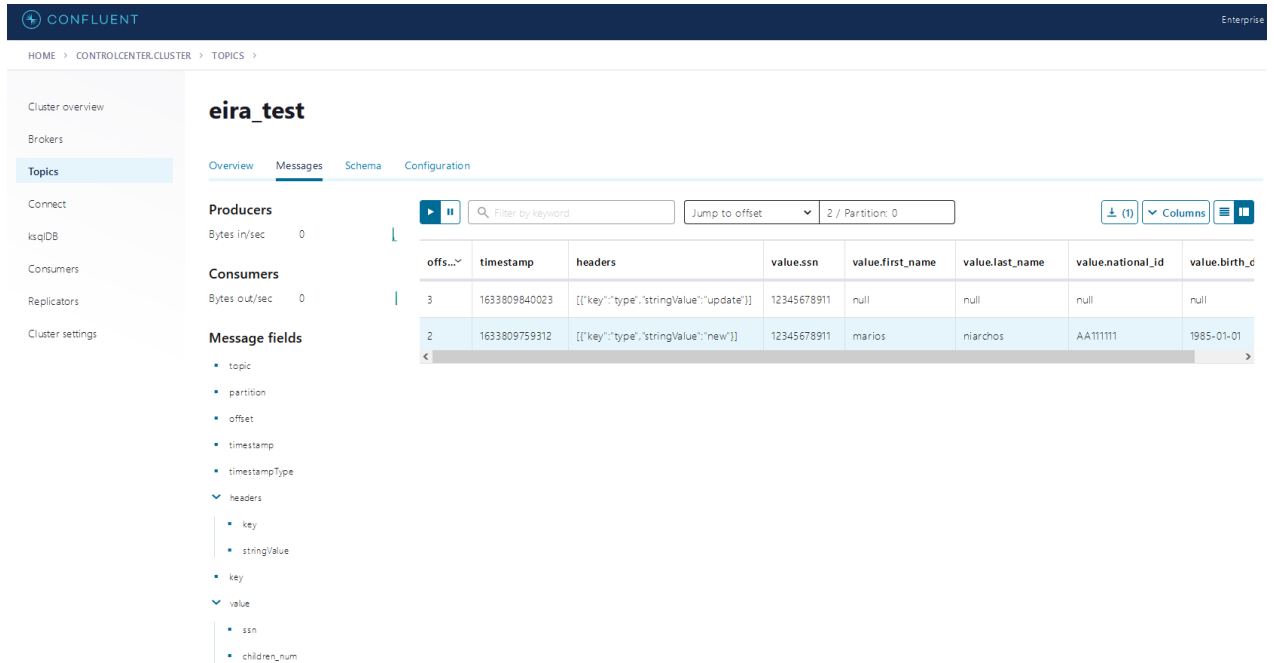
Overview

Brokers	3
Partitions	222
Topics	60
Production	30.48KB/s
Consumption	23.08KB/s

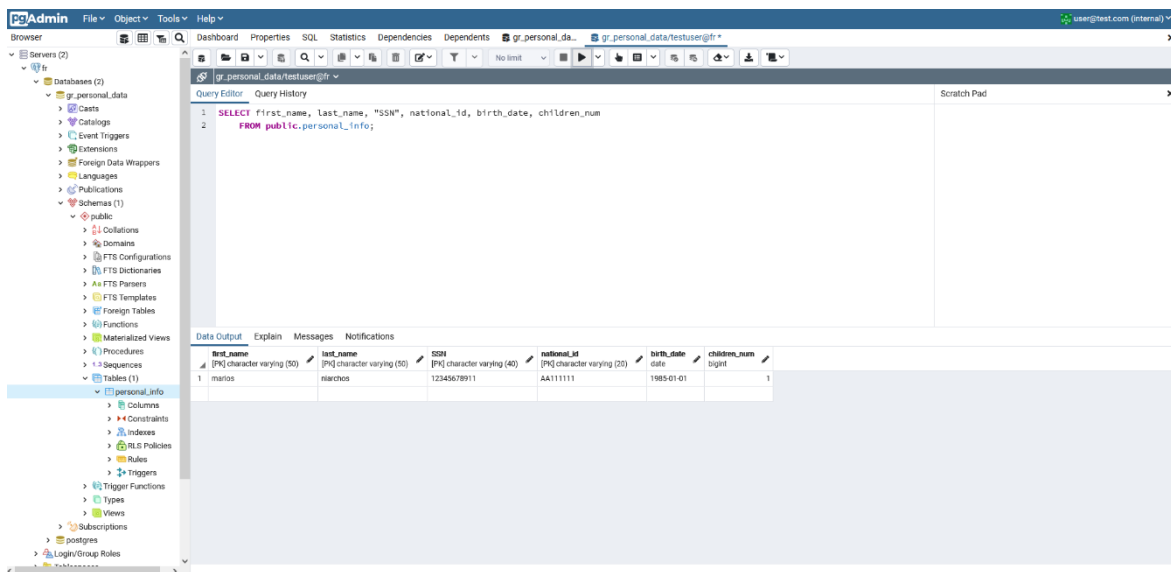
Connected services

ksqlDB clusters	0
Connect clusters	1

Εικόνα 17 : Διαχειριστικό Kafka broker



Εικόνα 18 :Λίστα μηνυμάτων στο Kafka Cluster



Εικόνα 19:Αποτέλεσμα συγχρονισμού βάσης δεδομένων φορέα Γαλλίας με ελληνικό φορέα

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Y. Charalabidis, D. Askounis, "Worldwide Interoperability Advances for Businesses and Administrations"

2. Service-oriented modelling and architecture,
[http://www-128.ibm.com/ developerworks/library/ws-soa-design1/](http://www-128.ibm.com/developerworks/library/ws-soa-design1/)

3. Ειδική Υπηρεσία Ολοκληρωμένου Πληροφοριακού Συστήματος,
<https://www.mou.gr/el/Pages/ITinnovation.aspx>

4. Schrage, M.: "Interoperability: The Great Enabler", Financial Times

5. Εταιρικό σύμφωνο για το Πλαίσιο Ανάπτυξης, <https://www.espa.gr/el/Pages/Default.aspx>

6. Μοντέλο Τεκμηρίωσης- Greek e-Government Interoperability Framework, www.e-gif.gov.gr/portal/pls/portal/docs/820025.pdf

7. Αρχές Σηματολογικής Διαλειτουργικότητας, https://icsdweb.aegean.gr/project/egon-wiki/index.php/Article:Αρχές_Σηματολογικής_Διαλειτουργικότητας

8. Ανοιχτή Διακυβέρνηση,
<https://opengov.minedu.gov.gr/διαλειτουργικότητα>

9. European Commission, "European Interoperability Framework (EIF) for European public services", https://ec.europa.eu/isa2/eif_en

10. e-Government Strategy Policy Framework and Guidelines, Registration and Authentication

11. ISA² - Interoperability solutions for public administrations, businesses and citizens,
https://ec.europa.eu/isa2/home_en

12. Πλαίσιο Διαλειτουργικότητας & Υπηρεσιών Ηλεκτρονικών Συναλλαγών,
<http://www.e-gif.gov.gr/portal/pls/portal/docs/820024.PDF>

13. EIF - European Interoperability Framework for pan-European eGovernment services, https://ec.europa.eu/isa2/sites/isa/files/isa_annex_ii_eif_en.pdf

14. OASIS, 2006. Web Services Policy Framework, Burlington: OASIS.

15. Study on Interoperability at Local and Regional Level", DG Information Society and Media, European Commission

16. Interoperable Delivery of European eGovernment Services to public Administrations, Business and Citizens (IDABC), <http://ec.europa.eu/idabc/en/chapter/5883.html>, <http://ec.europa.eu/idabc/servlets/Doc60e0.pdf?id=18946>

17. Component Architectures, http://www.michael-richardson.com/processes/rup_for_sqa/core.base_rup/guidances/supportingmaterials/use_component_architectures_CBC2F6B5.html

18. Interoperability Study of EPAN e-gov working group, <http://unpan1.un.org/intradoc/groups/public/documents/UN-OTHER/UNPAN032094.pdf>

19. Apache Software Foundation, 2019. *Trident Tutorial*.

Available at: <https://storm.apache.org/releases/current/Trident-tutorial.html>

20. Group, A. T., 2019. *Apache Kafka*

21. Kleppmann M, K. J., 2015. *Kafka, Samza and the Unix philosophy of distributed data*. s.l., IEEE Data Eng Bull

22. Neha Narkhede, G. S. a. T. P., 2017. *Kafka: The Definitive Guide by Neha Narkhede, Gwen Shapira, and Todd Palino (O'Reilly)*. s.l.:O'Reilly

23. Kafka Architecture, <http://cloudurable.com/blog/kafka-architecture/index.html>

24. Apache Zookeeper, <https://zookeeper.apache.org/>

25. Apache Kafka, <http://kafka.apache.org/>.

26. EB-Confluent_Kafka_Definitive-Guide_Complete
27. Joel Koshy. (2014) Transactional messaging in Kafka
28. Pavel Luzanov (2020) PostgreSQL: The First Experience
29. Federico Campoli (2020) PostgreSQL for DBA: PostgreSQL 12
30. Saurabh Minni (2015), Apache Kafka Cookbook