



UNIVERSITY OF  
**PATRAS**  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

**ΑΝΟΙΚΤΑ** ακαδημαϊκά  
μαθήματα ΠΠ

# ΤΗΛΕΜΑΤΙΚΗ ΚΑΙ ΝΕΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ

Ενότητα #12: Network Virtualization

Καθηγητής Χρήστος Ι. Μπούρας

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής,  
Πανεπιστήμιο Πατρών

email: [bouras@cti.gr](mailto:bouras@cti.gr), site:

<http://ru6.cti.gr/ru6/bouras?language=el>

# Σκοποί ενότητας

- Εξοικείωση με την έννοια του network virtualization
- Εξοικείωση με τις σχεδιαστικές αρχές του network virtualization
- Παρουσίαση πλατφόρμων network virtualization
- Παρουσίαση του virtual network embedding προβλήματος



# Περιεχόμενα ενότητας

- Network Virtualization:
  - Ορισμός
  - Ιστορικά στοιχεία
  - Χαρακτηριστικά
  - Σχεδιαστικές αρχές
  - Πλατφόρμες Network virtualization
  - Πρόβλημα Virtual network embedding



# Network Virtualization

# Ορισμός του Network Virtualization

- Ο όρος του network virtualization αναφέρεται σε ένα δικτυακό περιβάλλον, το οποίο επιτρέπει σε πολλαπλούς παρόχους υπηρεσιών (service providers) να σχηματίσουν δυναμικά πολλαπλά ετερογενή και απομονωμένα μεταξύ τους εικονικά δίκτυα χρησιμοποιώντας αποτελεσματικές τεχνικές διαμοιρασμού και χρήσης υπαρχουσών φυσικών υποδομών παρεχόμενων από διαφορετικούς παρόχους υποδομών (infrastructure providers).

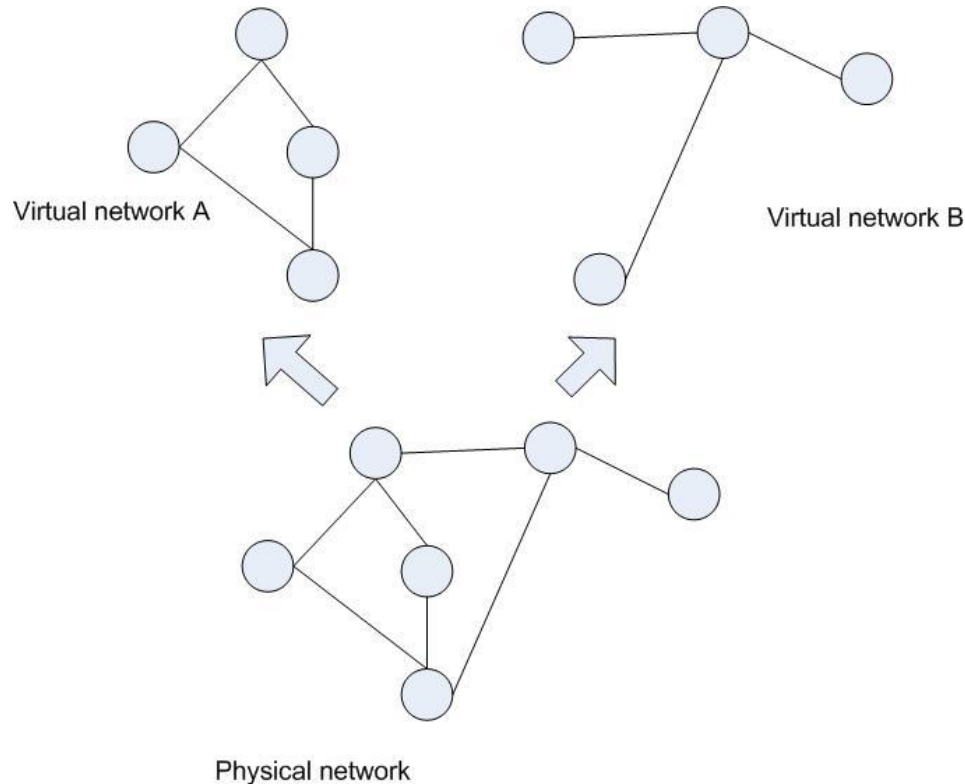


# “Αφαιρετικό” Επίπεδο Χρήσης Πόρων (1/2)

- Virtualization: διαφανής αφαιρετικότητα των φυσικών υπολογιστικών πόρων και υποδομών.
- Εικονικά Στοιχεία:
  - Εικονική μνήμη
  - Εικονικά συστήματα (virtual machines)
  - Εικονικές μονάδες αποθήκευσης (virtual SAN)
  - Εικονικά υπολογιστικά κέντρα



# “Αφαιρετικό” Επίπεδο Χρήσης Πόρων (2/2)



“Αφαιρετικό” Επίπεδο Χρήσης Πόρων. Ένα φυσικό δίκτυο εμφανίζεται σαν πολλαπλά λογικά δίκτυα.

# Περιβάλλον Network Virtualization

- Ένα περιβάλλον network virtualization:
  - Επιτρέπει τη δημιουργία πολλαπλών εικονικών δικτύων.
- Κάθε εικονικό δίκτυο:
  - Είναι μία συλλογή από εικονικούς κόμβους και συνδέσμους.
  - Είναι ένα υποσύνολο των υπαρχουσών φυσικών δικτυακών πόρων.
  - Συνυπάρχει, αλλά είναι απομονωμένο από άλλα εικονικά δίκτυα.





# Παλαιότερες Εκφάνσεις

- Virtual LAN (VLAN)
- Virtual Service Network (VSN)
- Virtual Private Network (VPN)
- Overlay Networks



# Virtual LANs

- Κατασκευάζονται στο επίπεδο 2 (Layer 2), μοιράζονται την ίδια φυσική LAN υποδομή.
- Αφορά ένα σύνολο από hosts, που έχουν κάτι κοινό ανεξαρτήτου συνδεσιμότητας.
- Κατατμίζονται σε broadcast domains.
- Προσφέρουν εμπιστοσύνη, ασφάλεια, απομόνωση και ευκολία στη διαμόρφωσή τους.



# Virtual Service Networks

- Γενίκευση της έννοιας του VLAN σε ευρύτερα δίκτυα.
- Ορίζουν πολλαπλά στιγμιότυπα του δικτύου που:
  - Μοιράζονται τους ίδιους φυσικούς πόρους.
  - Είναι κατάλληλα καταταμημένα.



# Virtual Private Networks

- Συνδέουν πολλαπλές τοποθεσίες χρησιμοποιώντας tunnels πάνω στο Internet.
- Τεχνολογίες L3/L2/L1.
- Περιορισμένη παραμετροποίηση.



# Overlay Networks

- Εικονικά δίκτυα στο επίπεδο εφαρμογών.
- Κατασκευάζονται πάνω σε υπάρχον δίκτυο χρησιμοποιώντας tunneling/ενθυλάκωση.
- Εφαρμογή νέων υπηρεσιών χωρίς αλλαγές στην υποδομή.
- Προσανατολισμένα στην εκάστοτε εφαρμογή, όχι αρκετά ευέλικτα.



# Κίνητρα για Virtualization

- Το Network Virtualization παρέχει μία όλα-σε-ένα λύση.
- Ανοικτό και επεκτάσιμο μοντέλο.
- Πολλαπλές ετερογενείς αρχιτεκτονικές σε ένα κοινό φυσικό υπόστρωμα.
- Προωθεί την καινοτομία και τις εξατομικευμένες υπηρεσίες/εφαρμογές.
- Προσφέρει πλατφόρμες δοκιμών για την ανάπτυξη/αξιολόγηση νέων αρχιτεκτονικών δικτύου και πρωτόκολλων.



# Μοντέλο Αναφοράς

- Πάροχοι υποδομής (Infrastructure providers):
  - διαχείριση των φυσικών δικτύων.
- Πάροχοι υπηρεσιών (service providers):
  - δημιουργούν και διαχειρίζονται εικονικά δίκτυα.
  - σχεδιάζουν και αναπτύσσουν end-to-end υπηρεσίες.
- Χρήστες:
  - επιλέγουν από διάφορες υπηρεσίες που προσφέρονται από τους παρόχους.
- Brokers:
  - συγκεντρωτική διαχείριση, καθορίζουν τις απαιτήσεις για υπηρεσίες/πόρους.



# Σχεδιαστικές Αρχές (1/2)

- Συγχρονισμός:
  - Ανταγωνισμός μεταξύ πολλαπλών service providers.
  - Πρέπει να συνυπάρχουν πολλαπλά διαφορετικά virtual networks.
- Εμφώλευση: υπάρχει ιεραρχία ανάμεσα στα virtual networks (VN).
  - Τα εμφωλευμένα VNs παράγονται από τα ανώτερα στην ιεραρχία VNs.





# Σχεδιαστικές Αρχές (2/2)

- Κληρονομικότητα:
  - Τα εμφωλευμένα VNs κληρονομούν τα χαρακτηριστικά και τις ιδιότητες των «γονέων» VNs.
- Revisitation:
  - Ένας φυσικός κόμβος φιλοξενεί πολλαπλούς εικονικούς κόμβους.
  - Ανάγκη για εφαρμογή λειτουργιών ποικιλομορφίας σε αυτόν τον κόμβο.



# Σχεδιαστικοί Στόχοι (1/3)

- Απομόνωση:
  - Όσον αφορά τους λογικούς κόμβους και τις λειτουργίες κάθε VN.
  - Γενικά προβλήματα της υποδομής δεν θα πρέπει να επηρεάζουν ξεχωριστά το κάθε VN.
- Ευελιξία:
  - Οι service providers θα πρέπει να είναι σε θέση να παρέχουν VNs με διαφορετική:
    - Τοπολογία.
    - Λειτουργία του control και data plane.



# Σχεδιαστικοί Στόχοι (2/3)

- Κλιμακωσιμότητα:
  - Υποστήριξη πολλών σε πλήθος VNs ταυτόχρονα.
  - Αποδοτική χρησιμοποίηση των φυσικών πόρων.
- Programmability:
  - Θα πρέπει να παρέχεται η δυνατότητα εφαρμογής διαφόρων πρωτοκόλλων/εφαρμογών στα δικτυακά στοιχεία.
  - Η δυνατότητα αυτή θα πρέπει να παρέχεται αποδοτικά στους Service providers.



# Σχεδιαστικοί Στόχοι (3/3)

- Ετερογενής υποστήριξη:
  - Θα πρέπει να υποστηρίζεται ένα ετερογενές σύνολο από:
    - Τεχνολογίες δικτύωσης (ασύρματα δίκτυα, δίκτυα αισθητήρων, οπτικά δίκτυα, ...).
    - Χαρακτηριστικά των VNs.
- Διαχειρισσιμότητα:
  - Μηχανισμοί διαχείρισης της πολιτικής του κάθε VN.
  - Έλεγχος της κατάστασης του δικτύου κάθε στιγμή.



# Κατηγοριοποίηση Πλατφόρμων VNs

- Ανάλογα με την τεχνολογία, που στοχεύουν:
  - Ενσύρματη, ασύρματη, ετερογενή.
- Ανάλογα με το επίπεδο, που εισάγεται το virtualization:
  - Φυσικό έως εφαρμογών.
- Ανάλογα με τη διακριτότητα του virtualization:
  - Κόμβοι, σύνδεσμοι, καθολική.



# Πλατφόρμα PlanetLab

- Overlay πλατφόρμα δοκιμών για γεωγραφικώς κατακεμημένες δικτυακές υπηρεσίες.
- Δικτυακή αρχιτεκτονική προσανατολισμένη στις εφαρμογές.
- Εισάγει την έννοια του slice, οι εφαρμογές εκτελούνται ανά slice.
- Αποκεντροποιημένος έλεγχος.
- Προσφέρει ένα ευρέως διαδεδομένο πλέον API.



# Πλατφόρμα GENI

- Ανοικτή μεγάλης κλίμακας πειραματική πλατφόρμα.
- Ερευνητές:
  - Εφαρμογή και αξιολόγηση νέων δικτυακών τεχνολογιών.
- Χρήστες:
  - Μεταφέρει πραγματική κίνηση.
- Συνδεσιμότητα με το Διαδίκτυο.
- Προσφέρει slices από πόρους χωρισμένους χωρικά και χρονικά.



# Πλατφόρμα VINI/Trellis

- Προσφέρει και τη φυσική δικτυακή υποδομή, αλλά και τη δυνατότητα δημιουργίας VNs.
- Επεκτείνει το PlanetLab:
  - Κάθε εικονικός κόμβος είναι ένας router.
  - Προσφέρει εργαλεία για τη δημιουργία tunnels μεταξύ των εικονικών κόμβων.
  - Προσφέρει τη δυνατότητα ρεαλιστικών προσομοιώσεων, καθώς μπορεί να μεταφέρει πραγματική κίνηση.





# Υλοποίηση Πλατφόρμας Virtualization (1/2)

- “Ανακάλυψη” των πόρων:
  - Εισάγει ένα νέο discovery plane.
- “Απεικόνιση-Mapping” εικονικών-φυσικών πόρων:
  - VNE πρόβλημα – NP-hard.
- Σηματοδοσία μεταξύ VNs.



# Υλοποίηση Πλατφόρμας Virtualization (2/2)

- Παροχή ενός API
- Ονοματοδοσία και Διευθυνσιοδότηση
- Διαχείριση Σφαλμάτων:
  - Απομόνωση VNs



# Virtual Network Embedding Πρόβλημα (1/2)

- Δημιουργώντας τόσο εικονικούς κόμβους όσο και εικονικούς συνδέσμους παράγονται εικονικές δικτυακές τοπολογίες με διαφορετικά, όμως, χαρακτηριστικά, οι οποίες φιλοξενούνται στην ίδια φυσική δικτυακή υποδομή.
- Οι εικονικοί κόμβοι είναι διασυνδεδεμένοι με εικονικούς συνδέσμους δημιουργώντας ένα δίκτυο, που μπορεί να αναπαρασταθεί από έναν κατευθυνόμενο γράφο, όπου οι εικονικοί κόμβοι αντιστοιχούν στις κορυφές και οι εικονικοί σύνδεσμοι στις ακμές του.



# Virtual Network Embedding Πρόβλημα (2/2)

- Το πρόβλημα του Virtual Network Embedding είναι ένα πρόβλημα βελτιστοποίησης της αποδοτικής λειτουργίας των VNs και αναφέρεται στην ανάπτυξη αλγορίθμων, που κατανέμουν αποδοτικά τους εικονικούς πόρους στη φυσική υποδομή.
- Είναι ένα NP-hard πρόβλημα.



# Ορισμός του προβλήματος (1/2)

- $G(V,A)$ :
  - Το  $G$  είναι ένας γράφος, που αναπαριστά το δίκτυο. Αποτελείται από κορυφές  $V$  και ακμές  $A$  που συνδέουν τις κορυφές.
- $G^k(V^k,A^k)$ 
  - Το  $G^k$  είναι ένας γράφος, που αναπαριστά το  $k$ -οστό αίτημα για ένα  $VN$ . Αποτελείται από ένα σύνολο απο κορυφές  $V^k$  και ακμές  $A^k$ .



# Ορισμός του προβλήματος (2/2)

- $f: V^k \rightarrow V$ 
  - Είναι η συνάρτηση, που απεικονίζει τους εικονικούς κόμβους στους κόμβους του φυσικού δικτύου.
- $P$ :
  - Είναι το σύνολο όλων των κατευθυνόμενων μονοπατιών.
- $g: A^k \rightarrow P$ :
  - Είναι η συνάρτηση, που απεικονίζει τους εικονικούς συνδέσμους στο  $P$ .



# Προσέγγιση του προβλήματος

- Το VNE πρόβλημα προσεγγίζεται στη βιβλιογραφία από:
  - Offline αλγορίθμους: λαμβάνουν όλα τα δεδομένα ενός προβλήματος από την αρχή και εξάγουν μια λύση.
  - Online αλγορίθμους: επεξεργάζονται την είσοδο κομμάτι με το κομμάτι με σειριακό τρόπο, δηλαδή με τη σειρά, που η είσοδος τροφοδοτείται στον αλγόριθμο, χωρίς να έχουν στη διάθεσή τους ολόκληρη την είσοδο από την αρχή.



# Stress based Προσέγγιση (1/2)

- Offline αλγόριθμος
- Ευρετικός αλγόριθμος, που χωρίζει ένα VNR (Virtual Network Request) σε ένα πλήθος από συνδεδεμένα υπό-VNs, το καθένα τοπολογίας αστέρα.





# Stress based Προσέγγιση (2/2)

- Μετά από το διαχωρισμό, η αντιστοίχιση των εικονικών κόμβων και συνδέσμων γίνεται στο επίπεδο κάθε υπό-VN.
- Για την απεικόνιση των κόμβων, χρησιμοποιείται ένας άπλειστος αλγόριθμος και στη συνέχεια, η απεικόνιση των συνδέσμων επιλύεται χρησιμοποιώντας μία προσέγγιση συντομότερου μονοπατιού ανάμεσα στους κόμβους, που έχουν απεικονιστεί.



# Path splitting Προσέγγιση (1/3)

- Online αλγόριθμος
- Εισάγει τον όρο revenue, δηλαδή ένα ζυγισμένο άθροισμα όλων των απαιτήσεων (CPU, bandwidth, κλπ.) του VN.
- Ο αλγόριθμος διαχειρίζεται μία ουρά από εισερχόμενα αιτήματα σε ένα συγκεκριμένο χρονικό παράθυρο, τα οποία κατατάσσει ανάλογα με το revenue και προσπαθεί να τα αντιστοιχίσει αποδοτικά.



# Path splitting Προσέγγιση (2/3)

- Εάν ένα αίτημα δεν γίνει αποδεκτό τότε επιστρέφει στην ουρά για να ξαναεπεξεργαστεί ορίζοντας ταυτόχρονα ένα timeout, μετά το οποίο απορρίπτεται οριστικά.
- Η αντιστοίχιση των κόμβων και των συνδέσμων πραγματοποιείται ξεχωριστά σε αυτόνομα βήματα.



# Path splitting Προσέγγιση (3/3)

- Η αντιστοίχιση των κόμβων γίνεται με έναν άπλειστο αλγόριθμο ανάλογα με το revenue του κάθε κόμβου.
- Η αντιστοίχιση των συνδέσμων γίνεται με δύο τρόπους:
  - Multipath optimal προσέγγιση.
  - Shortest path προσέγγιση.



# Coordinated Node and Link Mapping

## Προσέγγιση (1/3)

- Online αλγόριθμος.
- Για την απεικόνιση των κόμβων χρησιμοποιεί έναν ενισχυμένο γράφο, εισάγοντας ένα σύνολο από meta-κόμβους, έναν ανά κόμβο, ο οποίος συνδέεται με ένα σύνολο από υποψήφιους φυσικούς κόμβους, ανάλογα με την τοποθεσία και τη χωρητικότητα κάθε κόμβου.
- Στόχος του είναι η ελαχιστοποίηση του κόστους, που ορίζεται από το εύρος ζώνης και το CPU, που δεσμεύεται στο φυσικό δίκτυο.



# Coordinated Node and Link Mapping

## Προσέγγιση (2/3)

- Χρησιμοποιεί μεθόδους από τον τομέα του γραμμικού προγραμματισμού και προτείνει τόσο μία ντετερμινιστική, αλλά και μία πιθανοτική προσέγγιση.
- Η απεικόνιση των εικονικών συνδέσμων γίνεται όπως και στην Path Splitting προσέγγιση.



# Coordinated Node and Link Mapping

## Προσέγγιση (3/3)

- Μειονεκτήματά του θεωρούνται τα παρακάτω:
  - Εισάγει ένα σύνολο από meta-κόμβους, που αυξάνουν την πολυπλοκότητα του προβλήματος.
  - Δεν είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί εκτενώς, καθώς εξαρτάται σημαντικά από την τοποθεσία των φυσικών πόρων.



# Subgraph isomorphism detection

## Προσέγγιση (1/2)

- Το VNE πρόβλημα αναγάγεται σε ένα καλά μελετημένο πρόβλημα άμεσης απόκρισης, το πρόβλημα ανίχνευσης ισομορφικού υπογράφου (subgraph isomorphism detection problem).
- Ένας ευρετικός αλγόριθμος κατασκευάζει έναν ισομορφικό υπογράφο, ο οποίος αναπαριστά το αίτημα για ένα VN και φροντίζει να πληρούνται οι απαιτήσεις του αιτήματος για το γράφο, που αναπαριστά τους φυσικούς πόρους.





# Subgraph isomorphism detection

## Προσέγγιση (2/2)

- Η προσέγγιση αυτή έχει τη δυνατότητα να πραγματοποιεί την αντιστοίχιση των κόμβων και των συνδέσμων ταυτόχρονα στο ίδιο βήμα:
  - Η δυνατότητα αυτή προσφέρει ισχυρά πλεονεκτήματα όσον αφορά το κόστος εκτέλεσης της αντιστοίχισης τόσο κατά τον αρχικό υπολογισμό της αντιστοίχισης όσο και κατά τους πιθανούς επαναυπολογισμούς.



# Hidden hops Προσέγγιση (1/3)

- Offline αλγόριθμος
- Η προσέγγιση αυτή δεν εξετάζει την απεικόνιση των εικονικών κόμβων, αλλά επικεντρώνεται στην απεικόνιση των εικονικών συνδέσμων.
- Η απεικόνιση των εικονικών συνδέσμων γίνεται με χρήση της τεχνικής του k-shortest path.



# Hidden hops Προσέγγιση (2/3)

- Η προσέγγιση αυτή λαμβάνει υπόψιν της και την περίπτωση των κρυμμένων hops, που μπορεί να υπάρχουν κατά την απεικόνιση των συνδέσμων.
- Τα κρυμμένα hops αναφέρονται σε πιθανούς ενδιάμεσους κόμβους στον κατευθυνόμενο γράφο, που μπορεί να εμφανίζονται κατά την απεικόνιση ενός εικονικού συνδέσμου.
  - Ένα κρυφό hop συνεπάγεται την απαίτηση για κάποιον πόρο του δικτύου, καθώς θα πρέπει να εκτελεί προώθηση της κίνησης για το συγκεκριμένο εικονικό σύνδεσμο.



# Hidden hops Προσέγγιση (3/3)

- Δίνει προτεραιότητα σε αιτήματα με καθορισμένα χαρακτηριστικά του εικονικού δικτύου:
  - CPU
  - Εύρος ζώνης
- Προσπαθεί να μεγιστοποιήσει τους εναπομείναντες διαθέσιμους πόρους μετά την εξυπηρέτηση κάθε αιτήματος.
- Αιτήματα, που δεν καθορίζουν απαιτούμενα χαρακτηριστικά αντιμετωπίζονται απλοϊκά με την ισοκατανομή των φυσικών πόρων σε αυτά.



# Σύντομη ανασκόπηση

- Network Virtualization:
  - Ορισμός
  - Ιστορικά στοιχεία
  - Χαρακτηριστικά
  - Σχεδιαστικές αρχές
  - Πλατφόρμες Network virtualization
  - Πρόβλημα Virtual network embedding



# Βιβλιογραφία (1/2)

- Δημοσιεύσεις:
  - Fischer A. De Meer H. Botero J. F., Hesselbach X., Optimal mapping of virtual networks with hidden hops, Telecommunication Systems: Modelling, Analysis, Design and Management, 2013
  - Boutaba R. Butt N. F., Chowdhury N. M., Topology-awareness and reoptimization mechanism for virtual network embedding, In Networking, 2010.
  - Boutaba R. Chowdhury N. M. M. K., Rahman M. R., Virtual network embedding with coordinated node and link mapping, IEEE INFOCOM, Apr. 2009.



# Βιβλιογραφία (2/2)

- Δημοσιεύσεις:
  - Rouskas, George, Network Virtualization: A Tutorial. Optical Fiber Communication Conference. Optical Society of America, 2012.
  - Karl H. Lischka J., A virtual network mapping algorithm based on subgraph isomorphism detection, 1st ACM workshop on Virtualized infrastructure systems and architectures, Aug. 2009, p. 8188.
  - Rexford J. Chiang M. Yu M., Yi Y., Rethinking virtual network embedding: Substrate support for path splitting and migration, ACM SIGCOMM CCR 38(2), Apr. 2008, p. 1729.
  - Ammar M. Zhu Y., Algorithms for assigning substrate network resources to virtual network components, IEEE INFOCOM, Apr. 2006, p. 28122823.



# Ερωτήσεις





# Τέλος Ενότητας



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημειώματα

# Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση **2.0**.



# Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών, Χρήστος Μπούρας 2017. «Τηλεματική και Νέες υπηρεσίες. Virtualization». Έκδοση: 2.0. Πάτρα 2017. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <https://eclass.upatras.gr/courses/CEID1089/>



# Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

