

21 Τεχνολογίες και Πρότυπα για την Υλοποίηση Συνεργατικών Συστημάτων

Χρήστος Μπούρας και Θρασύβουλος Τσιάτσος
Πανεπιστήμιο Πατρών και EAITY

Σκοπός

Σκοπός του παρόντος κεφαλαίου είναι η παρουσίαση των Τεχνολογιών της Πληροφορικής και των Επικοινωνιών (ΤΠΕ) που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την υλοποίηση και την υποστήριξη συστημάτων συνεργασίας. Πιο συγκεκριμένα, στο παρόν κεφάλαιο γίνεται μια επισκόπηση των τεχνολογιών, των πρωτόκολλων και των προτύπων για την υποβοήθηση σύγχρονης και ασύγχρονης συνεργασίας από απόσταση μέσω υπολογιστή.

Έννοιες – Κλειδιά

- Δίκτυα υπολογιστών
 - Υπηρεσίες για συνεργασία από απόσταση
 - Πρωτόκολλα για συνεργασία από απόσταση
 - Τεχνολογίες για συνεργασία από απόσταση
 - Συνεργατικά συστήματα με υπολογιστή
 - Ολοκλήρωση συστημάτων για συνεργασία από απόστασης
 - Peer-to-peer τοπολογία
 - Client-server τοπολογία
 - Συνεργατικά εικονικά περιβάλλοντα
 - Πρωτόκολλα πραγματικού χρόνου
 - Τηλεδιάσκεψη
 - Διαμοίραση εφαρμογών
- Section Break (Continuous)

Εισαγωγικές Παρατηρήσεις

Το παρόν κεφάλαιο παρουσιάζει χρήσιμες αρχιτεκτονικές, τεχνολογίες και πρότυπα που μπορούν να αποτελέσουν το υπόβαθρο για την ανάπτυξη groupware εργαλείων με στόχο την υποστήριξη συνεργατικών υπηρεσιών.

Όπως περιγράφηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο (Αβούρης, Κόμης & Κατσάνος, Εργαλεία και Περιβάλλοντα Υποστήριξης της Συνεργασίας), δύο είναι οι βασικές κατηγορίες των τεχνολογιών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανταλλαγή πληροφοριών και τη συνεργασία από απόσταση (Cerovsek & Turk, 2004):

- ασύγχρονες τεχνολογίες συνεργασίας και τεχνολογίες για διαδικτυακές πύλες συνεργασίας (portal technology) που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ασύγχρονη ροή και ανταλλαγή πληροφοριών. Οι τεχνολογίες αυτές μπορούν να υποστηρίξουν υπηρεσίες και εφαρμογές όπως: διαχείριση εγγράφων, forums, ομάδες συζήτησης, ημερολόγιο και χρονοδιάγραμμα, κλπ
- τεχνολογίες συνεργασίας πραγματικού χρόνου (real-time collaboration technology), που συμπεριλαμβάνουν οποιαδήποτε τεχνολογία για την αλληλεπίδραση γεωγραφικά απομακρυσμένων χρηστών. Οι τεχνολογίες αυτές μπορούν να υποστηρίξουν υπηρεσίες και εφαρμογές όπως τηλεδιάσκεψη με ήχο και βίντεο, συνομιλία με κείμενο (text chat), άμεσα μηνύματα (instant messaging), εκπομπή βίντεο (video broadcasting), διαμοιραζόμενος ασπροπίνακας (shared whiteboard), διαμοίραση εφαρμογών (application sharing), συνεργατικά εικονικά περιβάλλοντα (collaborative virtual environments - CVEs), κλπ.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η δεύτερη κατηγορία, οπότε στο παρόν κεφάλαιο αναλύονται εκτενέστερα οι αρχιτεκτονικές και οι τεχνολογίες συνεργασίας πραγματικού χρόνου.

Το παρόν κεφάλαιο δομείται ως εξής: Η επόμενη ενότητα παρουσιάζει βασικές αρχιτεκτονικές για συστήματα συνεργασίας από απόσταση, και στη συνέχεια παρουσιάζονται τα σχετικά πρότυπα, πρωτόκολλα και οι τυποποιήσεις στις οποίες βασίζονται τα συστήματα για συνεργασία από απόσταση. Τέλος, γίνεται μια κριτική και συνοπτική παρουσίαση ερευνητικών πρωτοτύπων αλλά και εμπορικών προϊόντων για συνεργασία από απόσταση, ως προς τον βαθμό ολοκλήρωσής τους.

21.1 Αρχιτεκτονικές για Συστήματα Συνεργασίας από Απόσταση

Στην συγκεκριμένη ενότητα παρουσιάζονται συνοπτικά διάφορες αρχιτεκτονικές που χρησιμοποιούνται για την υλοποίηση συστημάτων συνεργασίας από απόσταση. Οι αρχιτεκτονικές διαχωρίζονται σε συστήματα που υποστηρίζουν ασύγχρονη συνεργασία από απόσταση και σε συστήματα που υποστηρίζουν σύγχρονη συνεργασία από απόσταση.

Σχετικά με τα εργαλεία και τις αρχιτεκτονικές για ασύγχρονα συστήματα συνεργασίας από απόσταση, η τάση σήμερα είναι η χρήση τεχνολογιών του παγκόσμιου ιστού (web-based συστήματα), στις οποίες ενσωματώνονται ασύγχρονες υπηρεσίες και εργαλεία, όπως ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, ομαδικά ημερολόγια, forums, κλπ. Ουσιαστικά λοιπόν, η τάση σήμερα είναι η υλοποίηση συνεργατικών διαδικτυακών πυλών. Οι βασικές τεχνολογικές λύσεις για την υλοποίηση web-based συστημάτων είναι οι παρακάτω:

- 3-tier αρχιτεκτονικές με χρήση ενός web server, μιας βάσης δεδομένων και μιας scripting γλώσσας προγραμματισμού.
- N-tier αρχιτεκτονικές με χρήση application servers, βάσεων δεδομένων και επιπλέον τμημάτων (modules), που επιτρέπουν την υλοποίηση presentation independent εφαρμογών που ακολουθούν το MVC (Model 2) πρότυπο ανάπτυξης σε πολλαπλά επίπεδα (N-tier).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι αρχιτεκτονικές για σύγχρονα συστήματα συνεργασίας από απόσταση στις οποίες εστιάζει το παρόν κεφάλαιο.

Γενικά, η επικοινωνία μεταξύ των σταθμών εργασίας που συμμετέχουν σε ένα σύστημα για σύγχρονη συνεργασία από απόσταση μπορεί να υλοποιηθεί χρησιμοποιώντας διάφορα δίκτυα με διαφορετικά χαρακτηριστικά. Τα δίκτυα μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ανάλογα με τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- τον τύπο μεταφοράς δεδομένων: προσανατολισμένο στη σύνδεση (connection-oriented), ή μη-προσανατολισμένο στη σύνδεση (connectionless),
- τον τύπο μετάδοσης μηνυμάτων: unicast ή multicast,
- την καθυστέρηση μετάδοσης των μηνυμάτων (message latency), και
- το εύρος ζώνης (bandwidth) του δικτύου.

Τα δίκτυα τα οποία συνήθως χρησιμοποιούνται διαχωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες, ανάλογα με τον τρόπο αλληλεπίδρασης των συμμετεχόντων κόμβων:

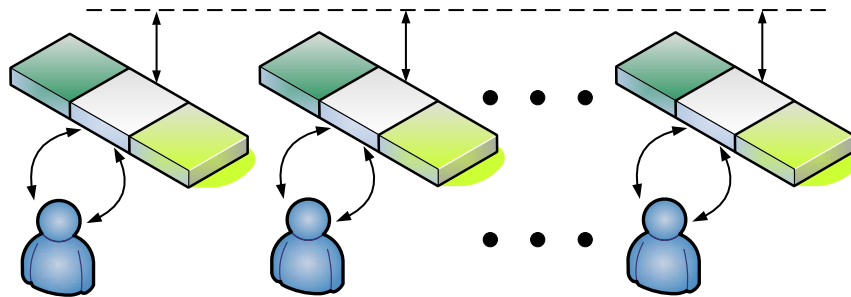
- σύνδεση 1-1: δύο σταθμοί εργασίας μπορούν να στείλουν και να λάβουν δεδομένα μέσω μιας επικοινωνίας προσανατολισμένης στη σύνδεση (connection-oriented). Ένα παράδειγμα είναι η χρήση ενός modem με μια τηλεφωνική γραμμή. Το modem υποστηρίζει connection-oriented, unicast μετάδοση δεδομένων, με σχετικά χαμηλό latency και χαμηλό bandwidth (<56 Kbps).

- unicast: περιλαμβάνει ένα μεγάλο αριθμό σταθμών εργασίας, οι οποίοι είναι λογικά συνδεδεμένοι με ένα δίκτυο που υποστηρίζει επικοινωνία μη-προσανατολισμένη στη σύνδεση (connectionless) μέσω unicast μηνυμάτων. Ένα παράδειγμα είναι το διαδίκτυο.
- multicast: όπου ένας μεγάλος αριθμός σταθμών εργασίας επικοινωνούν μέσω του δικτύου που υποστηρίζει connectionless multicast μηνύματα αλλά και connectionless unicast μηνύματα. Ένα παράδειγμα είναι το Mbone.

Οι παραπάνω τύποι δικτύων μπορούν να συνδυαστούν έτσι ώστε να δημιουργηθούν διάφορα ετερογενή δίκτυα. Για παράδειγμα, τα modems μπορούν να χρησιμοποιηθούν για συνδέσεις μεταξύ servers και clients, ενώ ταυτόχρονα οι servers μπορούν να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους με multicast. Κάθε συνδυασμός δικτύων έχει ένα μοναδικό σύνολο από τρόπους μετάδοσης και χαρακτηριστικά μετάδοσης, τα οποία μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά το σχεδιασμό των σύγχρονων συστημάτων συνεργασίας από απόσταση. Δύο βασικοί τύποι δικτυακών τοπολογιών εφαρμόζονται σε συστήματα συνεργασίας από απόσταση: peer-to-peer και client-server. Στη βιβλιογραφία ([Greenberg & Roseman, 1999](#)) οι παραπάνω τύποι αναφέρονται επίσης και σαν replicated και κεντροποιημένες (centralized) αρχιτεκτονικές αντίστοιχα. Επίσης, υπάρχουν και διάφορες υβριδικές τοπολογίες, ανάλογα με το συνδυασμό των παραπάνω τοπολογιών και των δικτυακών χαρακτηριστικών.

21.1.1 Peer-to-peer Τοπολογίες

Ένα peer-to-peer μοντέλο (*Σχήμα 21.1*) βασίζεται σε ένα σύνολο από κόμβους (hosts) που μπορούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους άμεσα μέσω του δικτύου.



Σχήμα 21.1 Peer-to-peer Τοπολογία

Ο παραπάνω ορισμός υπονοεί ότι:

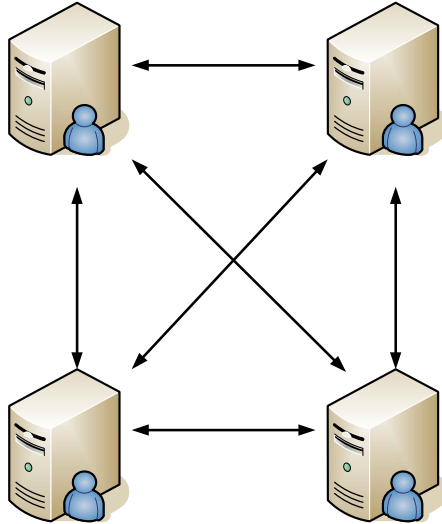
- δεν υπάρχει ανάγκη για την ύπαρξη ενός κεντρικού κόμβου ο οποίος θα πρέπει να εξυπηρετεί τους υπόλοιπους κόμβους των χρηστών. Με άλλα λόγια, δεν απαιτείται ένας κεντρικός εξυπηρετητής.
- οι κόμβοι σε ένα peer-to-peer μοντέλο έχουν την ίδια λειτουργικότητα και ίδια δικαιώματα.

Στην περίπτωση αυτή, κάθε κόμβος διατηρεί ένα αντίγραφο της διαμοιραζόμενης εφαρμογής. Αυτό σημαίνει ότι το αντίγραφο θα πρέπει να συντονίζει τις ενέργειες που γίνονται τοπικά (local) με αυτές που γίνονται στους άλλους κόμβους (remote), και να τις συγχρονίζει.

Το βασικό πλεονέκτημα ενός peer-to-peer μοντέλου είναι ότι δεν υπάρχει κεντρικό σημείο αστοχίας (central point of failure). Ωστόσο, η επεκτασιμότητα ενός peer-to-peer συστήματος είναι μάλλον περιορισμένη, αφού όταν για παράδειγμα γίνει μια αλλαγή στην κατάσταση ενός αντικειμένου, ο υπεύθυνος κόμβος θα πρέπει να στείλει ένα μήνυμα για τον συγχρονισμό της κατάστασης του αντικειμένου σε όλους τους άλλους κόμβους (peers). Το μειονέκτημα εδώ είναι ότι η λύση αυτή απαιτεί από τους χρήστες αρκετή υπολογιστική ισχύ. Υπάρχουν δύο τύποι μοντέλων επικοινωνίας με τη χρήση peer-to-peer τοπολογιών, ανάλογα με τον τύπο σύνδεσης:

Peer-to-peer Τοπολογία με Unicast Δίκτυο

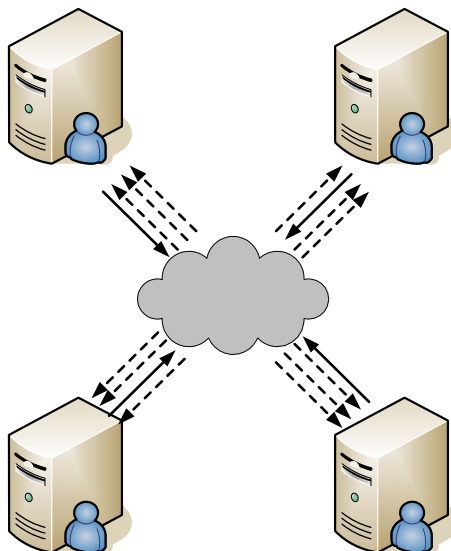
Σε αυτό το είδος peer-to-peer τοπολογίας (Σχήμα 21.2) ο αριθμός των μηνυμάτων που μεταδίδονται αυξάνεται με $O(N^2)$, επειδή κάθε peer θα πρέπει να στείλει ένα μήνυμα ενημέρωσης σε όλους τους υπόλοιπους κόμβους.



Σχήμα 21.2 Peer-to-peer Τοπολογία με Unicast Δίκτυο

Peer-to-peer Τοπολογία με Multicast Δίκτυο

Στην περίπτωση του multicasting, τα peers μπορούν να στείλουν τα μηνύματά τους σε ένα υποσύνολο από κόμβους με μια μόνο μετάδοση. Σε αυτό το είδος peer-to-peer τοπολογίας (Σχήμα 21.3), ο αριθμός των μηνυμάτων που μεταδίδονται αυξάνεται με $O(N)$, που αποτελεί μια σημαντική βελτίωση σε σχέση με την προηγούμενη τοπολογία.

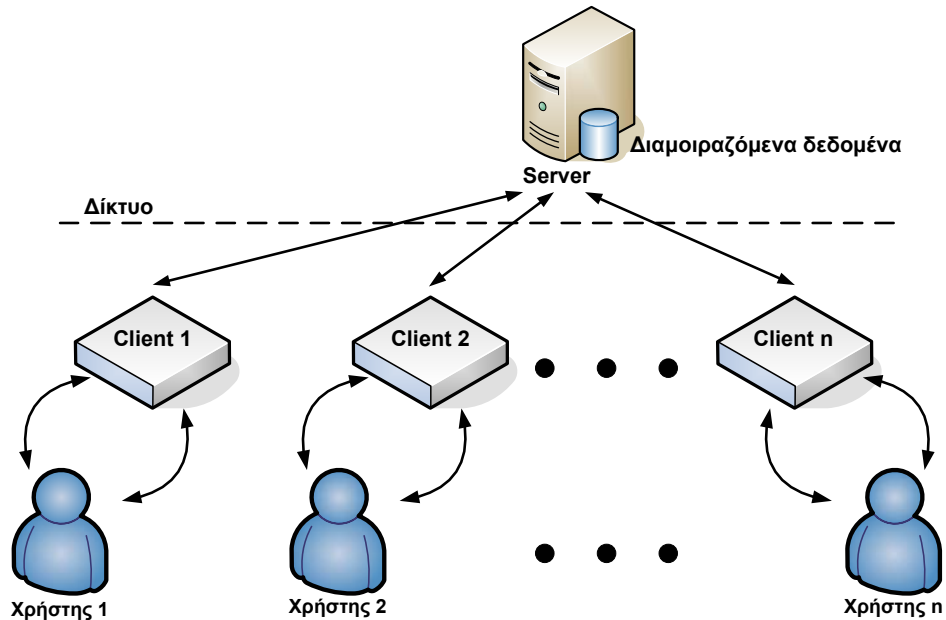


Σχήμα 21.3 Peer-to-peer Τοπολογία με Multicast Δίκτυο

21.1.2 Client-server Τοπολογίες

Ένα client-server μοντέλο (Σχήμα 21.4) βασίζεται σε ένα σύνολο από πελάτες (clients), που μπορούν να επικοινωνήσουν πάνω από ένα δίκτυο μεταξύ τους μέσω ενός (ή περισσότερων) εξυπηρετητών (servers). Σύμφωνα με τον παραπάνω ορισμό, οι πελάτες δεν ανταλλάσσουν απευθείας μηνύματα μεταξύ τους, αλλά στέλνουν τα μηνύματα αυτά στους εξυπηρετητές, οι οποίοι τα προωθούν στους υπόλοιπους πελάτες (και εξυπηρετητές, αν υπάρχουν), οι οποίοι συμμετέχουν στην ίδια εφαρμογή συνεργασίας από απόσταση. Στην περίπτωση αυτή όλοι οι χρήστες χρησιμοποιούν μια εφαρμογή που βρίσκεται σε έναν κεντρικό εξυπηρετητή.

Το βασικό πλεονέκτημα του client-server μοντέλου είναι το ότι οι πελάτες δεν έχουν μεγάλες απαιτήσεις σχετικά με την υπολογιστική ισχύ του υπολογιστικού συστήματος, επειδή ο εξυπηρετητής (ή οι εξυπηρετητές) είναι υπεύθυνοι για την εκτέλεση κάποιων λειτουργιών, που στην περίπτωση ενός peer-to-peer μοντέλου τις εκτελούσε κάθε peer. Επιπλέον, η χρήση των εξυπηρετητών διευκολύνει τη διαχείριση των χρηστών και την εφαρμογή μιας πολιτικής για έλεγχο πρόσβασης. Επίσης, η χρήση των εξυπηρετητών κάνει εύκολη την παροχή νέων υπηρεσιών στους χρήστες. Ακόμη, ο συγχρονισμός είναι πολύ πιο εύκολος από τις replicated αρχιτεκτονικές.



Σχήμα 21.4 Client-server Τοπολογία

Τα βασικά μειονεκτήματα του client-server μοντέλου είναι το γεγονός ότι η επεκτασιμότητα του συστήματος εξαρτάται άμεσα από την ισχύ του εξυπηρετητή, και ότι υπάρχει ένα κεντρικό σημείο αστοχίας του συστήματος, στην περίπτωση που χρησιμοποιείται ένας μόνο εξυπηρετητής. Τα παραπάνω προβλήματα μπορούν να ξεπεραστούν με τη χρήση διάφορων υβριδικών λύσεων που παρουσιάζονται στην επόμενη παράγραφο.

21.1.3 Υβριδικές Τοπολογίες

Διάφορες αρχιτεκτονικές που έχουν προταθεί για την αναβάθμιση των παραπάνω λύσεων στο σχεδιασμό των συστημάτων για σύγχρονη συνεργασία από απόσταση, περιλαμβάνουν την απλή client-server αρχιτεκτονική με τη χρήση ομάδων εξυπηρετητών που επικοινωνούν με έναν peer-to-peer τρόπο, ή με τη χρήση ιεραρχιών από εξυπηρετητές (όπου ορισμένοι εξυπηρετητές δρουν σαν πελάτες). Επίσης, οι client-server και οι peer-to-peer δομές μπορούν να ενοποιηθούν σε μια peer-server αρχιτεκτονική, όπου τα πακέτα δεδομένων μεταδίδονται μεταξύ ορισμένων κόμβων με έναν peer-to-peer τρόπο, ενώ μεταξύ άλλων κόμβων μεταδίδονται μέσω ενός εξυπηρετητή.

21.2 Τεχνολογίες και Πρότυπα για Συστήματα Συνεργασίας από Απόσταση

Η παρούσα ενότητα παρουσιάζει τεχνολογίες, πρότυπα, πρωτόκολλα και τυποποιήσεις που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την υποστήριξη συστημάτων για σύγχρονη συνεργασία από απόσταση.

Τα πρότυπα αυτά κατηγοριοποιούνται στις εξής κατηγορίες:

- πρότυπα και τεχνολογίες για peer-to-peer συστήματα,
- πρότυπα και τεχνολογίες για υπηρεσίες τηλεδιάσκεψης,
- πρωτόκολλα πραγματικού χρόνου, και
- πρότυπα και τεχνολογίες για συνεργατικά εικονικά περιβάλλοντα

Επιπλέον, γίνεται μια συνοπτική παράθεση ολοκληρωμένων συστημάτων τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να υποβοηθήσουν με έναν ενιαίο τρόπο τη συνεργασία από απόσταση.

21.2.1 Πρότυπα για peer-to-peer Συστήματα

Η συγκεκριμένη παράγραφος ασχολείται με πρότυπα και πρωτόκολλα που μπορούν να υποβοηθήσουν την δημιουργία peer-to-peer (P2P) συστημάτων για συνεργασία από απόσταση. Τα πιο βασικά, τα οποία αναλύονται ακολούθως, είναι τα Instant Messaging and Presence Protocol (IMPP) και JXTA.

Instant Messaging and Presence Protocol (IMPP)

Η τυποποίηση IMPP⁵⁷ καθορίζει τα απαραίτητα πρωτόκολλα και τους απαραίτητους τύπους δεδομένων για την υλοποίηση instant messaging συστημάτων (όπως π.χ. το ICQ), και την υποβοήθηση της ενημερότητας (awareness) των χρηστών για την παρουσία άλλων χρηστών. Το πρωτόκολλο IMPP έχει δημιουργηθεί από την IETF (Internet Engineering Task Force, <http://www.ietf.cnri.reston.va.us>). Οι βασικές τυποποιήσεις του IMPP είναι οι: RFC 2778 (A Model for Presence and Instant Messaging), RFC 2779 (Instant Messaging / Presence Protocol Requirements), RFC 3339 (Date and Time on the Internet: Timestamps), RFC 3859 (Common Profile for Presence-CPP), RFC 3860 (Common Profile for Instant Messaging-CPIM), RFC 3861 (Address Resolution for Instant Messaging and Presence), RFC 3862 (Common Presence and Instant Messaging: Message Format), RFC 3863 (Presence Information Data Format-PIDF).

⁵⁷ Instant Messaging and Presence Protocol (impp), <http://www.ietf.org/html.charters/OLD/impp-charter.html>

JXTA

Το πιο σημαντικό πρωτόκολλο για peer-to-peer συστήματα είναι το JXTA. Ουσιαστικά πρόκειται για ένα σύνολο από πρωτόκολλα (οικογένεια πρωτοκόλλων) που έχουν σχεδιαστεί για peer-to-peer διακτυακή διασύνδεση και επικοινωνία.

Η οικογένεια πρωτοκόλλων JXTA (<http://www.jxta.org>) περιλαμβάνει έξι πρωτόκολλα βασισμένα στην XML, που προτυποποιούν τον τρόπο με τον οποίο οι διασυνδεδεμένοι κόμβοι (peers) αυτό-οργανώνονται σε ομάδες (peergroups), ανακοινώνουν ή ανακαλύπτουν πόρους από άλλους κόμβους, και επικοινωνούν με άλλους κόμβους (Li Gong, 2002). Τα πρωτόκολλα αυτά είναι:

- το Endpoint Routing Protocol (ERP), με το οποίο ένας κόμβος μπορεί να βρει μια διαδρομή (route) για να αποστείλει ένα μήνυμα σε έναν άλλο κόμβο, διαπερνώντας πιθανά τείχη προστασίας (firewalls),
- το Rendezvous Protocol (RVP), που χρησιμοποιείται για τη μετάδοση ενός μηνύματος σε ένα μια ομάδα κόμβων,
- το Peer Resolver Protocol (PRP), το οποίο είναι το πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται για την αποστολή μιας γενικής αίτησης σε ένα ή περισσότερους κόμβους, και τη λήψη μιας απάντησης (ή πολλαπλών απαντήσεων) στην αίτηση,
- το Peer Discovery Protocol (PDP), που χρησιμοποιείται για τη δημοσίευση πόρων και την εύρεση δημοσιευμένων πόρων από άλλους κόμβους,
- το Peer Information Protocol (PIP), με το οποίο ένας κόμβος μπορεί να ανακτήσει πληροφορίες για την κατάσταση άλλων κόμβων, και
- το Pipe Binding Protocol (PBP), με το οποίο ένας κόμβος μπορεί να δημιουργήσει ένα εικονικό κανάλι επικοινωνίας (virtual communication channel ή pipes) μεταξύ ενός ή περισσότερων κόμβων.

Τα πρωτόκολλα JXTA επιτρέπουν τη δημιουργία ενός εικονικού δικτύου πάνω από τα φυσικά δίκτυα, επιτρέποντας την άμεση αλληλεπίδραση των κόμβων άσχετα από τη θέση και τη διασυνδεσιμότητα των δικτύων. Τα πρωτόκολλα JXTA έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε να εφαρμόζονται εύκολα σε μονοκατευθυντικές (unidirectional) συνδέσεις και ασύμμετρες επικοινωνίες δεδομένων. Είναι ανεξάρτητα από λειτουργικά συστήματα, γλώσσες προγραμματισμού και τοπολογίες δικτύων, και δεν απαιτούν τη χρήση εξειδικευμένων μοντέλων για ασφάλεια και κωδικοποίηση. Έτσι λοιπόν μπορούν να υλοποιηθούν σε C/C++, Java, Perl, κλπ, για επικοινωνία πάνω από TCP/IP, HTTP, Bluetooth, κλπ.

21.2.2 Πρότυπα για Υπηρεσίες Τηλεδιάσκεψης

Σε αυτήν την παράγραφο παρουσιάζονται τα σημαντικότερα πρότυπα και πρωτόκολλα ηλεκτρονικής διάσκεψης (ή αλλιώς τηλεδιάσκεψης) και μετάδοσης φωνής μέσω του Διαδικτύου (voice over IP). Οι κύριοι οργανισμοί που διεξάγουν την τυποποίηση στο πεδίο αυτό είναι η ITU (International Telecommunication Union, <http://www.itu.int>) και η IETF. Τα πρότυπα και τα πρωτόκολλα στη συγκεκριμένη περιοχή, τα οποία αποτελούν τον τεχνολογικό πυρήνα της τηλεδιάσκεψης με χρήση πολυμέσων, είναι τα T.120, H.320, H.323 και SIP. Στην κατηγορία αυτή συμπεριλαμβάνουμε και το XMPP, το οποίο πρέπει να σημειωθεί ότι δεν έχει σχεδιαστεί με στόχο την τηλεδιάσκεψη, αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί υποστηρικτικά για πολλές από τις λειτουργίες της τηλεδιάσκεψης, όπως συνδιάλεξη με κείμενο (chat).

eXtensible Messaging and Presence Protocol (XMPP)

Το XMPP (<http://www.xmpp.org>) είναι παρόμοιο με το IMPP, και έχει δημιουργηθεί επίσης από την IETF. Η βασική του διαφορά με το IMPP είναι ότι βασίζεται στην XML. Αποτελείται από μια σειρά τυποποιήσεων σχετικά με XML πρωτόκολλα ροής (streaming protocols) για instant messaging και ενημερότητα της παρουσίας. Πιο συγκεκριμένα, όπως καθορίζεται στο RFC 3920 (<http://www.ietf.org/rfc/rfc3920.txt>), η μετάδοση των δεδομένων στο XMPP βασίζεται σε ένα XML πρωτόκολλο ροής που επιτρέπει την ανταλλαγή τμημάτων XML ανάμεσα σε δύο οποιαδήποτε σημεία του δικτύου. Η βασική αρχιτεκτονική του XMPP ακολουθεί το μοντέλο πελάτη-εξυπηρετητή, όπου οι πελάτες συνδέονται στους εξυπηρετητές, και (προαιρετικά) οι εξυπηρετητές συνδέονται μεταξύ τους. Οι διευθύνσεις XMPP έχουν μορφή παρόμοια με αυτή των διευθύνσεων του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου: <node@domain>.

Εκτός από instant messaging, το XMPP μπορεί να υποστηρίξει επιπλέον εφαρμογές, οι οποίες περιγράφονται στις διάφορες επεκτάσεις του (που ονομάζονται JEP) και δημοσιεύονται από το Jabber Software Foundation. Η παρακάτω λίστα παρουσιάζει ορισμένες από τις πιο βασικές τυποποιήσεις και επεκτάσεις που είναι σχετικές με το πρωτόκολλο XMPP:

- Extensible Messaging and Presence Protocol - XMPP: Core (RFC 3920, <http://www.ietf.org/rfc/rfc3920.txt>): ο βασικός πυρήνας πρωτοκόλλων για XML streaming, συμπεριλαμβανομένης αυστηρής διαπίστευσης, κωδικοποίησης καναλιού και διεθνοποιημένης διευθυνσιοδότησης
- Extensible Messaging and Presence Protocol - XMPP: Instant Messaging and Presence (RFC 3921, <http://www.ietf.org/rfc/rfc3921.txt>): βασικές επεκτάσεις του XMPP για instant messaging, λίστες επαφών, παρουσία και ασφάλειας προσωπικών δεδομένων

- End-to-End Signing and Object Encryption for the Extensible Messaging and Presence Protocol – XMPP (RFC 3923, <http://www.ietf.org/rfc/rfc3923.txt>): μια επέκταση του XMPP για κωδικοποίηση από άκρο σε άκρο
- Data Forms (JEP-0004, <http://www.jabber.org/jeps/jep-0004.html>): ένα ευέλικτο πρωτόκολλο για διαχείριση, μέσω XMPP, φορμών που χρησιμοποιούνται από εφαρμογές ροής εργασιών (workflow) και για δυναμικές ρυθμίσεις
- Multi-User Chat (JEP-0045, <http://www.jabber.org/jeps/jep-0045.html>): ένα σύνολο πρωτοκόλλων που καθορίζουν τη συμμετοχή και τη διαχείριση πολυχρηστικών χώρων για συνδιάλεξη με κείμενο σε πραγματικό χρόνο (multi-user chat rooms). Τα πρωτόκολλα αυτά είναι παρόμοια με το IRC (Internet Relay Chat), παρέχοντας αυστηρότερες προδιαγραφές ασφαλείας
- File Transfer (JEP-0096, <http://www.jabber.org/jeps/jep-0096.html>): ένα πρωτόκολλο για τη μεταφορά αρχείων από μια οντότητα XMPP σε μια άλλη
- JEP-0071 (XHTML-IM, <http://www.jabber.org/jeps/jep-0071.html>): ένα πρωτόκολλο, το οποίο επιβλέπεται από το W3C, και χρησιμοποιείται για την ανταλλαγή μηνυμάτων που έχουν XHTML μορφή ανάμεσα από XMPP οντότητες

Σειρά Συστάσεων T.120

Το πρότυπο T.120⁵⁸ είναι ένα σύνολο από πρωτόκολλα επικοινωνίας και εφαρμογών που επιτρέπουν τη δημιουργία συμβατών εφαρμογών και υπηρεσιών για επικοινωνία δεδομένων πολλαπλών σημείων σε πραγματικό χρόνο. Δημιουργήθηκε από την ITU προκειμένου να καλύψει το τμήμα της τηλεδιάσκεψης πολυμέσων που σχετίζεται με τη διάσκεψη εγγράφων και τη διαμοίραση εφαρμογών. Τα βασικά χαρακτηριστικά της τυποποίησης T.120 είναι:

- πολλοί χρήστες μπορούν να αποστείλουν και να παραλάβουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο. Η μεταφορά δεδομένων είναι αξιόπιστη, και υποστηρίζονται πολλοί διαφορετικοί τύποι δικτύων, όπως ISDN, PSTN και TCP/IP.

- για την επικοινωνία δεδομένων πολλαπλών σημείων υποστηρίζεται μια πληθώρα τοπολογιών, όπως καταρράκτη, αστέρα, καθώς και συνδυασμός αυτών των τοπολογιών
- εξασφαλίζει διαλειτουργικότητα μεταξύ διάφορων τύπων τερματικών, χωρίς να απαιτεί από τους συμμετέχοντες να δηλώσουν τα χαρακτηριστικά των συστημάτων τους
- επιτρέπει το διαμοιρασμό δεδομένων μεταξύ των συμμετεχόντων σε μια συνδιάσκεψη με επικοινωνία δεδομένων σε μορφή πολυμέσων. Ο διαμοιρασμός δεδομένων περιλαμβάνει διαμοιρασμό εικόνων μέσω εφαρμογής ασπροπίνακα (whiteboard), γραφική αναπαράσταση πληροφορίας, και ανταλλαγή εικόνων
- παρέχει τη δυνατότητα ανάπτυξης ανοικτών εφαρμογών που θα συνδυάζουν το T.120 με τη σειρά τυποποιήσεων H.32x. Αυτές οι εφαρμογές επιτρέπουν την επικοινωνία και συνεργασία από απόσταση με ανταλλαγή πολυμέσων σε πραγματικό χρόνο.

Σειρά Συστάσεων H.320

Η σειρά τυποποιήσεων H.320⁵⁹ προσδιορίζει την υπηρεσία τηλεδιάσκεψης πάνω από υπηρεσίες που βασίζονται στη μεταγωγή κυκλώματος (π.χ. ISDN ή Switched-56). Πιο συγκεκριμένα, παρέχει κοινά formats για την αναπαράσταση διαφόρων ειδών πληροφορίας (π.χ. κινούμενη εικόνα, ήχος, δεδομένα), ενώ καθορίζει απαιτήσεις όπως η συμπίεση της κινούμενης εικόνας (H.261) και του ήχου (G.711, G.722, G.728), και θέματα συγχρονισμού της μεταδιδόμενης πληροφορίας. Υποστηρίζει συνδέσεις για τηλεδιάσκεψη μεταξύ δύο ή περισσότερων σημείων.

Τέλος, η σειρά τυποποιήσεων H.320 μπορεί και διασυνδέει διαφορετικά πρότυπα λογισμικού, ρυθμίζοντας παράγοντες όπως ο συγχρονισμός φωνής και εικόνας.

Σειρά Συστάσεων H.323

Η σειρά συστάσεων H.323⁶⁰ καθορίζει τις τερματικές συσκευές, τον εξοπλισμό και τις υπηρεσίες που απαιτούνται για την επικοινωνία με χρήση πολυμέσων σε πραγματικό χρόνο, πάνω από τοπικά δίκτυα τα οποία δεν

⁵⁹

H.320,
<http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=folders&lang=e&parent=T-REC-H.320>

⁶⁰

H.323,
<http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=folders&lang=e&parent=T-REC-H.323>

παρέχουν εξασφαλισμένη ποιότητα επικοινωνίας (Quality of Service), ή δίκτυα μεταγωγής πακέτων. Το τοπικό δίκτυο μπορεί να είναι απλό τμήμα (π.χ. δακτύλιος), ή μια πιο σύνθετη τοπολογία που αποτελείται από πολλά τμήματα διαφόρων ειδών (ακόμα και όλο το διαδίκτυο), και αυτός είναι και ο λόγος της αδυναμίας εξασφάλισης μιας ελάχιστης ποιότητας επικοινωνίας. Οι τερματικές συσκευές που ακολουθούν τη σύσταση H.323 μπορεί να είναι ενσωματωμένες σε ένα προσωπικό υπολογιστή, ή να είναι ανεξάρτητες (π.χ. βιντεοτηλέφωνα). Η υποστήριξη φωνής είναι απαραίτητη, ενώ η υποστήριξη μετάδοσης δεδομένων και κινούμενης εικόνας είναι προαιρετική, αλλά από τη στιγμή που θα υποστηρίζονται θα πρέπει να ακολουθείται κάποια κοινή μέθοδος λειτουργίας για τη συνεργασία των τερματικών συσκευών που παρέχουν τη δυνατότητα αυτή. Η σειρά συστάσεων H.323 επιτρέπει τη χρήση περισσότερων του ενός καναλιών επικοινωνίας, για κάθε είδος πληροφορίας που μεταδίδεται.

Η σηματοδότηση των καναλιών επικοινωνίας γίνεται σύμφωνα με τη σύσταση H.245, και για το λόγο αυτό η χρήση της σειράς συστάσεων H.323 πάνω από άλλα δίκτυα που χρησιμοποιούν την ίδια σηματοδότηση (π.χ. ATM δίκτυα) είναι άμεση, χωρίς την ανάγκη μετάφρασής τους, όπως ισχύει για τη σειρά συστάσεων H.320. Οι τερματικές συσκευές που ακολουθούν τη σειρά συστάσεων H.323 μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διατάξεις πολλαπλών σημείων (multipoint configurations), να αλληλεπιδράσουν με H.310 τερματικά του B-ISDN, H.320 τερματικά πάνω από N-ISDN, H.322 τερματικά πάνω από τερματικά με εγγυημένη ποιότητα επικοινωνίας, και H.324 και V.70 τερματικά του συμβατικού τηλεφωνικού δικτύου.

Η έκδοση 4 του H.323 περιέχει βελτιώσεις στην αξιοπιστία, τις δυνατότητες κλιμάκωσης και την ευελιξία του. Επίσης εισήγαγε νέα χαρακτηριστικά, τα οποία βοηθούν τη διευκόλυνση περισσότερο κλιμακούμενων λύσεων Gateway και MCU, ώστε να υπάρξει ανταπόκριση στις αυξανόμενες απαιτήσεις. Επιπλέον, έχει δημοσιευτεί ένας αριθμός παραρτημάτων αναφορικά με το H.323. Το H.323 παραμένει το κύριο πρωτόκολλο για VoIP.

SIP

Το SIP (Session Initiation Protocol)⁶¹, το οποίο δημιουργήθηκε από την IETF, είναι ένα πρωτόκολλο απαίτησης-απόκρισης που χρησιμοποιείται για την πραγματοποίηση συνόδων διάσκεψης ήχου και video σε ένα δίκτυο IP, καθώς και την υποστήριξη υπηρεσιών βασισμένων στον παγκόσμιο ιστό. Το πρωτόκολλο παρέχει τη δυνατότητα ανάπτυξης εφαρμογών και υπηρεσιών φωνής και πολυμέσων. Το SIP εφαρμόζεται τόσο σε απλές τηλεφωνικές κλήσεις δύο κατευθύνσεων, όσο και σε συνεργατικές συνόδους διάσκεψης με

⁶¹ Session Initiation Protocol (SIP), <http://www.ietf.org/html.charters/sip-charter.html>

χρήση πολυμέσων. Μεταξύ των κύριων χαρακτηριστικών του είναι η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης υπάρχοντων πρωτοκόλλων και αρχών σχεδιασμού πρωτοκόλλων, η δυνατότητα συνδυασμού λειτουργιών του με υπάρχουσες εφαρμογές, και η αξιοπιστία του που προκύπτει από το μηχανισμό ασφάλειας που έχει προστεθεί στο πρότυπο SIP.

Το SIP παρέχει πολλά αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά που είναι ίδια με αντίστοιχα του H.323, αλλά επίσης βασίζεται και σε τεχνολογίες ειδικές για IP. Το SIP επιτρέπει την κλιμακούμενη και επεκτάσιμη υλοποίηση ενός μεγάλου φάσματος εφαρμογών, συμπεριλαμβανομένων συνδιάλεξης με ήχο, βίντεο, κείμενο (chat), άμεσα μηνύματα (instant messaging) και ασπροπίνακα (whiteboard). Επίσης παρέχει συντομότερους χρόνους εγκατάστασης για την VoIP, και επιβάλλει μικρότερο επιπλέον φόρτο (overhead) σε σύγκριση με το πρωτόκολλο H.323. Γενικά, το SIP είναι ένα αξιόπιστο και ευσταθές πρωτόκολλο, το οποίο μπορεί να μετατρέψει ένα δίκτυο VoIP σε ένα πραγματικό επικοινωνιακό δίκτυο IP.

21.2.3 Πρωτόκολλα Πραγματικού Χρόνου

Ένα ολοκληρωμένο σύστημα συνεργασίας από απόσταση πιθανά παρέχει τη μετάδοση πολυμεσικού υλικού, το οποίο στην περίπτωση της σύγχρονης συνεργασίας από απόσταση μεταδίδεται σε πραγματικό χρόνο. Προκειμένου να υποστηριχθεί η μετάδοση πολυμεσικής πληροφορίας άνω από το διαδίκτυο, θα πρέπει να παρέχονται στις εφαρμογές πολυμέσων είτε εγγυήσεις ποιότητας υπηρεσίας, είτε η δυνατότητα προσαρμογής της μετάδοσης των πολυμέσων. Τις απαιτήσεις αυτές ικανοποιούν τα πρωτόκολλα πραγματικού χρόνου τα οποία, μεταξύ άλλων, καλύπτουν τις παρακάτω ανάγκες:

- μετάδοση πολυμεσικών δεδομένων σε πραγματικό χρόνο,
- μετάδοση πολυμέσων στο διαδίκτυο, και
- διαχείριση της ποιότητας μετάδοσης.

Τα πιο βασικά πρωτόκολλα πραγματικού χρόνου είναι τα RSVP, RTP/RTCP και RTSP, και παρουσιάζονται συνοπτικά στις ακόλουθες παραγράφους.

RSVP

Το RSVP⁶² (Resource ReSerVation Protocol – Πρωτόκολλο Κράτησης Πόρων) είναι ένα πρωτόκολλο ελέγχου δικτύου που καθιστά τις διαδικτυακές εφαρμογές ικανές να αποκτήσουν QoS χαρακτηριστικά ποιότητας υπηρεσίας (Quality of Service, QoS). Ουσιαστικά, συνεισφέρει στην αξιοποίηση της

⁶² RFC 2205, R. Braden, L. Zhang, S. Berson, S. Herzog, S. Jamin, "Resource ReSerVation Protocol (RSVP) - Version 1 Functional Specification", IETF.

υπάρχουσας υποδομής του διαδικτύου, προσφέροντας υποστήριξη για QoS στις υπηρεσίες. Το πρωτόκολλο RSVP χρησιμοποιείται από ένα κόμβο-χρήστη, προκειμένου να απαιτήσει από το δίκτυο συγκεκριμένη ποιότητα για ροή δεδομένων συγκεκριμένων εφαρμογών. Το RSVP χρησιμοποιείται από δρομολογητές ώστε αυτοί να μεταφέρουν τις συγκεκριμένες QoS απαιτήσεις σε όλους τους κόμβους του μονοπατιού της ροής των δεδομένων, αλλά και να εξασφαλίσουν ότι όντως αυτές οι συγκεκριμένες απαιτήσεις πληρούνται.

Το RSVP αποτελεί ένα πρωτόκολλο το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για unicast και multicast σηματοδότηση, το οποίο σχεδιάστηκε για την εγκατάσταση και τη συντήρηση σταθμών πληροφοριών σε κάθε δρομολογητή που βρίσκεται στο μονοπάτι μετάδοσης δεδομένων κατά τη μετάδοση δεδομένων. Το RSVP επιτρέπει στον παραλήπτη να ζητήσει μία ορισμένη από άκρο σε άκρο ποιότητα υπηρεσίας. Οι εφαρμογές πραγματικού χρόνου χρησιμοποιούν το RSVP για να δεσμεύσουν τους απαραίτητους πόρους στους δρομολογητές κατά μήκος του μονοπατιού μετάδοσης, έτσι ώστε να είναι διαθέσιμο το απαιτούμενο εύρος ζώνης όταν λάβει χώρα η μετάδοση των πολυμεσικών δεδομένων.

RTP/RTCP

Τα πρωτόκολλα RTP / RTCP (Real - time Transport Protocol / Real - time Transport Control Protocol – Πρωτόκολλο Μετάδοσης Δεδομένων Πραγματικού Χρόνου / Πρωτόκολλο Ελέγχου Μετάδοσης Δεδομένων Πραγματικού Χρόνου)⁶³ δημιουργήθηκαν για τη μεταφορά δεδομένων πραγματικού χρόνου, όπως τα πολυμεσικά δεδομένα του βίντεο και του ήχου. Αρχικά σχεδιάστηκαν για multicast επικοινωνία, αλλά στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν και για unicast επικοινωνία. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μονόδρομη επικοινωνία, όπως εφαρμογές βίντεο κατά απαίτηση (video on demand), αλλά και για αμφίδρομη επικοινωνία, όπως για τη διαδικτυακή τηλεφωνία και την τηλεδιάσκεψη. Παρέχουν μια κοινή πλατφόρμα για τη μεταφορά δεδομένων και την έκφραση πληροφοριών συγχρονισμού που απαιτούνται από εφαρμογές πραγματικού χρόνου, όπως οι εφαρμογές μετάδοσης πολυμέσων πάνω από το διαδίκτυο.

Το πρωτόκολλο RTCP αποτελεί το πρωτόκολλο ελέγχου του RTP. Το RTP είναι σχεδιασμένο να λειτουργεί σε συνεργασία με το πρωτόκολλο ελέγχου RTCP, το οποίο παρέχει πληροφορίες για την ποιότητα της μετάδοσης και για αυτούς που συμμετέχουν στη σύνοδο.

⁶³ RFC 1889, H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, V. Jacobson, "RTP: A Transport Protocol for Real - Time Applications", IETF.

Το RTP είναι ένα πρωτόκολλο που προσφέρει υπηρεσίες μεταφοράς για δεδομένα από άκρο σε άκρο, με χαρακτηριστικά πραγματικού χρόνου, όπως πολυμεσικά δεδομένα (π.χ. ήχος ή βίντεο), και άλλες εφαρμογές πάνω από δίκτυα μεταγωγής πακέτου, όπως τα IP δίκτυα και το διαδίκτυο. Τέτοιες υπηρεσίες είναι ο καθορισμός και η αναγνώριση του τύπου των δεδομένων που μεταδίδονται (payload type), η σειριακή αρίθμηση των πακέτων, η χρονοσήμανση των πακέτων και ο έλεγχος των διαδικασιών μεταφοράς. Μια εφαρμογή μπορεί να χρησιμοποιεί το RTP πάνω από την οικογένεια πρωτοκόλλων TCP/IP, ώστε να χρησιμοποιεί τις ευκολίες που αυτό παρέχει, ωστόσο μπορεί να χρησιμοποιηθεί πάνω από κάποιο άλλο κατάλληλο πρωτόκολλο δικτύου ή μεταφοράς. Όπως ήδη αναφέρθηκε, το RTP υποστηρίζει μεταφορά δεδομένων με χρήση multicast, αν βέβαια αυτό υποστηρίζεται από το δίκτυο.

Παρόλο που το κύριο πεδίο εφαρμογής για το οποίο ήταν αρχικά σχεδιασμένο το RTP είναι η ικανοποίηση των αναγκών πολυμελούς τηλεδιάσκεψης, εντούτοις δεν περιορίζεται στη συγκεκριμένη εφαρμογή. Εφαρμογές αποθήκευσης συνεχών (continuous) δεδομένων, εφαρμογές ελέγχου και μετρήσεων, και άλλες εφαρμογές πραγματικού χρόνου μπορούν να χρησιμοποιήσουν το RTP ικανοποιητικά.

RTSP

Το RTSP (Real-Time Streaming Protocol - Πρωτόκολλο Ροής Πραγματικού Χρόνου)⁶⁴ είναι ένα πρωτόκολλο επιπέδου εφαρμογής, το οποίο παρέχει μηχανισμούς για την υποστήριξη streaming πολυμέσων σε εφαρμογές πολλών σημείων, χρησιμοποιώντας τεχνολογίες μετάδοσης unicast και multicast. Γενικά, μπορεί να χαρακτηριστεί σαν ένα "πρωτόκολλο επιπέδου εφαρμογής", το οποίο ελέγχει την παράδοση μέσω μετάδοσης συνεχούς ροής, πάνω από unicast ή multicast δίκτυα με χαρακτηριστικά πραγματικού χρόνου. Η μετάδοση των δεδομένων δεν πραγματοποιείται από το RTSP, αλλά από κάποιο άλλο πρωτόκολλο μεταφοράς (transport protocol), γι' αυτό και μπορεί επίσης να χαρακτηριστεί σαν ένα "τηλεχειριστήριο δικτύου" προς τον εξυπηρετητή που μεταδίδει τα μέσα μετάδοσης συνεχούς ροής. Δηλαδή, το RTSP παρέχει ένα μηχανισμό χειρισμού παρόμοιο με τις συσκευές βίντεο για μετάδοση ροών δεδομένων βίντεο και ήχου, με δυνατότητες όπως πάγωμα (pause), προώθηση προς τα εμπρός (fast forward), προώθηση προς τα πίσω (reverse), και επιλογή συγκεκριμένης θέσης (absolute positioning). Το RTSP είναι σχεδιασμένο να συνεργάζεται με πρωτόκολλα χαμηλότερου επιπέδου (RTP, RSVP, κλπ), έτσι ώστε να παρέχει μία ολοκληρωμένη υπηρεσία μετάδοσης συνεχούς ροής πάνω από το διαδίκτυο.

⁶⁴ RFC 2326, Real Time Streaming Protocol (RTSP)

21.2.4 Πρότυπα για Συνεργατικά Εικονικά Περιβάλλοντα

Για τη διαμοίραση ενός εικονικού κόσμου μεταξύ πολλών χρηστών, του περιεχομένου του, καθώς και των αλλαγών που υφίσταται το περιεχόμενο αυτό, πρέπει να μεταδίδονται σε όλους τους χρήστες απαραίτητα μηνύματα συγχρονισμού και επικοινωνίας. Για αυτό το λόγο, το μεγαλύτερο μέρος της επικοινωνίας μεταξύ των χρηστών αποτελείται από μηνύματα συγχρονισμού που μεταδίδονται για την ενημέρωση όλων των χρηστών σχετικά με αλλαγές που συμβαίνουν στον εικονικό χώρο. Διάφορα πρωτόκολλα έχουν παρουσιαστεί και υλοποιηθεί για να υποστηρίξουν την επικοινωνία στα συνεργατικά εικονικά περιβάλλοντα. Τέτοια πρωτόκολλα είναι τα DWTP (Distributed Worlds Transfer and communication Protocol) (Diehl, 2001; Broll, 1998), ISTEP⁶⁵ (Interactive Sharing Transport Protocol) (Waters, et al. 1997), VIP (VRML Interchange Protocol) (Teraoka & Tokoro, 1993), VRTP (Virtual Reality Transfer Protocol) (Brutzman, et al., 1997), και DIS (Distributed Interactive Simulation). Στις παρακάτω παραγράφους θα παρουσιαστούν τα πιο σημαντικά από τα πρωτόκολλα αυτά.

DIS-X3D

Το πρωτόκολλο DIS (distributed interactive simulation) έχει σχεδιαστεί για να υποστηρίζει μεγάλης κλίμακας εικονικά περιβάλλοντα (Zeswitz 1993). Είναι ένα από τα πρώτα πρωτόκολλα για την υποστήριξη μεγάλης κλίμακας εικονικών περιβαλλόντων. Αποτελεί την τυποποίηση IEEE 1278⁶⁶, και καθορίζει τη δυαδική κωδικοποίηση ενός συνόλου μηνυμάτων που χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση πληροφορίας σχετικής με εξομοιώσεις. Το πρωτόκολλο DIS καλύπτει τη μετάδοση μεγάλης ποικιλίας δεδομένων, όπως η θέση, η ταχύτητα και η κατεύθυνση των οντοτήτων που συμμετέχουν στον εικονικό κόσμο. Το DIS αποτελεί τμήμα (component) του νέου προτύπου για τρισδιάστατα γραφικά στον παγκόσμιο ιστό που ονομάζεται X3D.⁶⁷

Τα μηνύματα του DIS μεταδίδονται με χρήση UDP (user datagram protocol) sockets. Η μετάδοσή τους μπορεί να γίνει με μηχανισμούς multicast, unicast ή broadcast. Για τη μετάδοση των οντοτήτων και την ενημέρωση της τρέχουσας κατάστασής τους, η κατάσταση μεταδίδεται συχνά σε όλους τους συμμετέχοντες. Επειδή ο αριθμός των τύπων των οντοτήτων είναι περιορισμένος, ο μηχανισμός αυτός δεν παρέχει μόνο ένα τρόπο για την αλληλεπίδραση των χρηστών, αλλά επίσης επιτρέπει στους χρήστες να ενημερωθούν για την είσοδο ή την αποχώρηση άλλων χρηστών σε/από τον

⁶⁵ ISTEP, <http://www.merl.com/projects/opencom/WWW/istp.html>

⁶⁶ IEEE Standard 1278.1-1995, Standard for Distributed Interactive Simulation — Application Protocols, 1995.

⁶⁷ X3D DIS-XML Working Group, <http://www.web3d.org/x3d/workgroups/dis.html>

εικονικό χώρο. Με αυτόν τον τρόπο, η μη-αξιόπιστη μετάδοση των multicast μηνυμάτων δε δημιουργεί πρόβλημα, αφού τα πακέτα που έχουν χαθεί θα ξανασταλούν μετά από μικρό χρονικό διάστημα, με την αποστολή της νέας κατάστασης.

Χρήση Πρωτοκόλλων TCP/IP σε Συνεργατικά Εικονικά Περιβάλλοντα

Διάφορα πρωτόκολλα και τεχνικές επικοινωνιών μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα συνεργατικά εικονικά περιβάλλοντα, όπως το Transmission Control Protocol (TCP), το User Datagram Protocol, το Internet Protocol (IP), το IP Multicasting και το IP Broadcasting. Κάθε πρωτόκολλο παρέχει το δικό του συνδυασμό υπηρεσιών και κόστους, και η επιλογή του πρωτοκόλλου εξαρτάται κυρίως από τις ιδιαίτερες ανάγκες του συνεργατικού εικονικού περιβάλλοντος, και την αρχιτεκτονική επικοινωνίας των διάφορων τμημάτων του. Τα παραπάνω πρωτόκολλα έχουν ευρεία χρήση σήμερα στα συνεργατικά εικονικά περιβάλλοντα.

Ο *Πίνακας 21.1* παρουσιάζει συνοπτικά τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των πρωτοκόλλων αυτών, καθώς και το πως μπορούν να συνεισφέρουν στο σχεδιασμό των συνεργατικών εικονικών περιβαλλόντων.

Πρωτόκολλο	Πλεονεκτήματα	Περιορισμοί	Χαρακτηριστικά συνεργατικών εικονικών περιβαλλόντων
TCP	Εγγυημένη και διατεταγμένη μετάδοση πακέτων Checksum checking των πακέτων Transmission flow control Ευρέως διαδεδομένο	Υποστηρίζει μόνο σημείο-προς-σημείο συνδέσεις Bandwidth overhead Τα πακέτα λόγω της αναδιάταξης καθυστερούν	Εικονικά περιβάλλοντα που περιλαμβάνουν σχετικά μικρό αριθμό hosts και περιορισμένη μεταφορά δεδομένων Τυπικά χρησιμοποιείται σε client-server μοντέλα
UDP	Μετάδοση βασισμένη σε αποστολή πακέτων Χαμηλό overhead Άμεση αποστολή Ευρέως διαδεδομένο	Υποστηρίζει μόνο σημείο-προς-σημείο συνδέσεις Δεν είναι αξιόπιστο Δεν εγγυάται αναδιάταξη Είναι πιθανή η απώλεια πακέτων	Εικονικά περιβάλλοντα που έχουν μεγαλύτερες απαιτήσεις σε μεταφορά δεδομένων Χρησιμοποιείται σε client-server μοντέλα αλλά και σε peer-to-peer υλοποιήσεις
IP Broadcasting	Ομοίως με το UDP, με επιπλέον ταυτόχρονη αποστολή σε πολλούς hosts	Ομοίως με το UDP, αλλά με περιορισμό στην εμβέλεια αποστολής σε τοπικά δίκτυα	Μικρές υλοποιήσεις peer-to-peer Δικτυακών Εικονικών Περιβαλλόντων με μεγάλες απαιτήσεις στην αποστολή δεδομένων και σε time-sensitive μεταδόσεις
IP Multicasting	Ομοίως με το IP Broadcasting, αλλά με αποτελεσματική αποστολή δεδομένων πάνω από Internet	Ομοίως με το UDP, αλλά είναι διαθέσιμο μόνο σε servers που είναι συνδεδεμένοι στο MBONE	Μεγάλης κλίμακας peer-to-peer και client-server μοντέλα, ειδικότερα πάνω από Internet

Πίνακας 21.1 Χρήση Internet Πρωτοκόλλων σε Δικτυακά Εικονικά Περιβάλλοντα (προσαρμογή από *Singhal & Zyda 1999*)

ο παραπάνω πίνακας πρέπει να αλλάξει (είναι σε μορφή εικόνας...)

21.2.5 Ολοκληρωμένα Συστήματα για Σύγχρονη Συνεργασία από Απόσταση

Τα ολοκληρωμένα συστήματα για συνεργασία από απόσταση (integrated e-collaboration technologies) που είναι διαθέσιμα σήμερα στην αγορά καλύπτουν ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών, από συστήματα μικρής κλίμακας βασισμένα στον παγκόσμιο ιστό, σε συστήματα συνεργασίας για επιχειρηματική κλίμακα (*Munkvold & Zigurs 2005*). Τα συστήματα αυτά είτε έχουν αναπτυχθεί αποκλειστικά για συνεργασία από απόσταση, είτε είναι ήδη υπάρχοντα προϊόντα που έχουν επεκταθεί με λειτουργίες για συνεργασία από απόσταση. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι τα τελευταία χρόνια υπάρχει μια τάση ενσωμάτωσης λειτουργιών για σύγχρονη συνεργασία από απόσταση σε εργαλεία που υποστηρίζουν ασύγχρονη συνεργασία. Για παράδειγμα, το

Microsoft Word και το Microsoft PowerPoint προσφέρουν λειτουργίες για τηλεδιάσκεψη και συνεργατική επεξεργασία κειμένου.

Η ενσωμάτωση ή ολοκλήρωση (integration) είναι ένας ευρέως διαδεδομένος όρος. Στη συγκεκριμένη παράγραφο χρησιμοποιείται ο όρος ολοκλήρωση σύμφωνα με το πλαίσιο των [Mandviwalla & Khan \(1999\)](#), που ορίζει τρεις παράγοντες συνεργατικής ολοκλήρωσης: τον τρόπο (mode), το μέσο (medium) και τη δομή (structure):

- ο τρόπος αναφέρεται στο χώρο και το χρόνο της αλληλεπίδρασης (διαπροσωπική ή απομακρυσμένη, σύγχρονη ή ασύγχρονη),
- το μέσο αναφέρεται στον τρόπο αλληλεπίδρασης, για παράδειγμα κείμενο, γραφικά, ήχος, βίντεο ή διαμοιραζόμενος ασπροπίνακας, και
- η δομή αναφέρεται στην υποστήριξη που παρέχει κάθε εφαρμογή για τη δημιουργία της ομάδας συνεργασίας και την αποτελεσματική συνεργασία της.

Σύμφωνα με τους [Mandviwalla & Khan \(1999\)](#), μια τεχνολογία είναι ολοκληρωμένη αν υποστηρίζει πάνω από έναν από τους παραπάνω παράγοντες. Για παράδειγμα, μια συνεργατική τεχνολογία είναι ολοκληρωμένη αν υποστηρίζει πάνω από έναν τρόπο, μέσο ή δομή.

Υπάρχουν δύο βασικές προσεγγίσεις για τη χρήση ολοκληρωμένων τεχνολογιών και συστημάτων για συνεργασία από απόσταση: (α) αγορά ενός συστήματος που περιέχει τα απαραίτητα εργαλεία για συνεργασία από απόσταση, και (β) υλοποίηση ενός εργαλείου, ενσωματώνοντας διάφορες τεχνολογίες ή προϊόντα για συνεργασία από απόσταση.

Ο *Πίνακας 21.2* παρουσιάζει ενδεικτικά ορισμένα από τα ερευνητικά πρωτότυπα με διαφορετικά είδη ολοκλήρωσης.

Πρωτότυπο (source)	Συνεργατικά εργαλεία που ενσωματώνονται	Τύπος ενσωμάτωσης
DIVA Virtual Office (Sohlenkamp & Chwelos, 1994)	Διαχείριση εγγράφων Ενημερότητα παρουσίας Τηλεδιάσκεψη με ήχο ή/και με βίντεο Διαμοιραζόμενος ασπρπίνακας Ηλεκτρονική ψηφοφορία (polling, voting) Σχόλια (annotations) Επανάληψη ενεργειών (activity replay)	Τρόπος Μέσο
TCBWorks (Dennis, Poothari, & Natarajan, 1998)	Φάκελοι έργων Δομημένες συζητήσεις Ψηφοφορίες	Μέσο Δομή
COWS (Mandviwalla & Khan, 1999)	Ενημερότητα παρουσίας Συνδιάλεξη με κείμενο (chat) Διαμοιραζόμενος ασπρπίνακας Επανάληψη ενεργειών (log player and finder) Μνήμη ομάδας Προσχέδια φακέλων και αντικειμένων	Μέσο Τρόπος Δομή
TeamSpace (Geyer et al., 2001)	Ενημερότητα παρουσίας Συνδιάλεξη με κείμενο (chat) Τηλεδιάσκεψη με ήχο/βίντεο Διαχείριση εγγράφων Διαμοιραζόμενες παρουσιάσεις με σχολιασμό Διαχείριση προγράμματος Πρακτικά συναντήσεων	Μέσο Τρόπος
VIVA (Pekkola, 2003)	Ηλεκτρονικό Ταχυδρομείο Ενημερότητα παρουσίας Συνδιάλεξη με κείμενο (chat) Σημειώσεις Διαμοιραζόμενος ασπρπίνακας Μεταφορά αρχείων Ενημερότητα παρουσίας	Μέσο
EVE (Bouras & Tsiatsos 2006)	Χρήση τρισδιάστατων απεικονίσεων των χρηστών (avatars) για ενημερότητα παρουσίας Συνδιάλεξη με κείμενο (chat) Τηλεδιάσκεψη με ήχο Bubble Chat Διαμοιραζόμενος ασπρπίνακας Πίνακας παρουσίασης ιδεών (brainstorming) Διαμοιραζόμενες παρουσιάσεις	Μέσο Τρόπος (Δομή)

Πίνακας 21.2 Παραδείγματα Ερευνητικών Εργαλείων για Συνεργασία από Απόσταση (προσαρμογή από *Munkvold & Zigurs 2005*)

ο παραπάνω πίνακας πρέπει να αλλάξει (είναι σε μορφή εικόνας...)

Στη συνέχεια παρουσιάζονται συνοπτικά ορισμένα από τα εμπορικά εργαλεία, καθώς και τον παράγοντα συνεργατικής ολοκλήρωσης τον οποίο υποστηρίζουν (*Munkvold & Zigurs, 2005*). Για κάθε κατηγορία επιπλέον αναφέρονται και παραδείγματα εργαλείων που ενσωματώνονται:

Ομάδες προϊόντων συνεργασίας

- παραδείγματα εργαλείων που ενσωματώνονται: ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, ομαδικό ημερολόγιο, συζητήσεις (threaded discussions), διαχείριση εγγράφων, ροή εργασιών (workflow)
- τύπος ενσωμάτωσης: μέσο
- παραδείγματα προϊόντων: Lotus Notes/Domino, Microsoft Exchange, GroupWise (Novell)

Συνεργατικές Διαδικτυακές Πύλες

- παραδείγματα εργαλείων που ενσωματώνονται: διαχείριση εγγράφων, instant messaging, ενημερότητα παρουσίας, εύρεση ατόμων, ηλεκτρονικές συναντήσεις, χώροι εργασίας ομάδων
- τύπος ενσωμάτωσης: μέσο
- παραδείγματα προϊόντων: IBM Websphere portal, MS Sharepoint

Συστήματα Επιτραπέζιας Τηλεδιάσκεψης

- παραδείγματα εργαλείων που ενσωματώνονται: διαχείριση εγγράφων, instant messaging, συνδιάλεξη με κείμενο (chat), τηλεδιάσκεψη με ήχο, τηλεδιάσκεψη με βίντεο, διαμοίραση εφαρμογών (application sharing), διαμοιραζόμενος ασπροπίνακας, ηλεκτρονική ψηφοφορία (polling, voting), καταγραφή της ηλεκτρονικής συνάντησης.
- τύπος ενσωμάτωσης: μέσο
- παραδείγματα προϊόντων: MSN Messenger, Interwise, Centra 7, WebEx Meeting, Microsoft Live Meeting Flash Communication Server MX

Χώροι ομάδων/έργων βασισμένοι στον Παγκόσμιο Ιστό Πληροφοριών (Web-based team/project rooms)

- παραδείγματα εργαλείων που ενσωματώνονται: ομαδικό ημερολόγιο, επαφές, σημειώσεις, εργασίες, διαμοίραση αρχείων, ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, συνδιάλεξη με κείμενο (chat), πίνακας ανακοινώσεων, συζητήσεις (threaded discussions), πίνακας παρουσίασης ιδεών (brainstorming), ηλεκτρονική ψηφοφορία (voting), χρονοδιαγράμματα, τηλεγραφήματα
- τύπος ενσωμάτωσης: μέσο (δομή)
- παραδείγματα προϊόντων: TeamSpace, Documentum eRoom, Lotus Workplace Team Collaboration

Συστήματα peer to peer

- παραδείγματα εργαλείων που ενσωματώνονται: instant messaging, συνδιάλεξη με κείμενο (chat), συζητήσεις (threaded discussions), ενημερότητα παρουσίας, διαμοίραση αρχείων, διαχείριση έργου, ομαδικό ημερολόγιο, περιγραφή ομάδων, διαχείριση συνάντησης/συνόδου
- τύπος ενσωμάτωσης: μέσο (δομή)
- παραδείγματα προϊόντων: Groove Virtual Office

Συστήματα ηλεκτρονικών συναντήσεων

- παραδείγματα εργαλείων που ενσωματώνονται: πρόγραμμα (agenda), πίνακας παρουσίασης ιδεών (brainstorming), κατηγοριοποίηση και οργάνωση, ψηφοφορία και προτεραιότητες, πλάνο ενεργειών, διαμοιραζόμενος ασπροπίνακας, πρακτικά συναντήσεων, συνδιάλεξη με κείμενο (chat)
- τύπος ενσωμάτωσης: μέσο, δομή
- παραδείγματα προϊόντων: GroupSystems, Facilitate.com, Meetingworks

Δικτυακά (Συνεργατικά) Εικονικά Περιβάλλοντα

- παραδείγματα εργαλείων που ενσωματώνονται: χρήση τρισδιάστατων απεικονίσεων των χρηστών (avatars) για ενημερότητα παρουσίας, συνδιάλεξη με κείμενο (chat), τηλεδιάσκεψη με ήχο, ευφυείς πράκτορες (agents), bubble chat
- τύπος ενσωμάτωσης: μέσο
- παραδείγματα προϊόντων: Flash Communication Server MX, ActiveWorlds, Parallel Graphics, Adobe Atmosphere, SmartVR smartVerse

Συστήματα εκπαίδευσης από απόσταση

- παραδείγματα εργαλείων που ενσωματώνονται: ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, instant messaging, διαχείριση μαθημάτων, ημερολόγιο, εκπαιδευτικό υλικό (learning objects repository), ενημερότητα παρουσίας, συζητήσεις (threaded discussions)
- τύπος ενσωμάτωσης: μέσο (δομή)
- παραδείγματα προϊόντων: Blackboard, Centra 7, Aspen, Lotus Workplace, Collaborative Learning WebEx Training Center

Σύνοψη

Το παρόν κεφάλαιο προχώρησε σε μια παρουσίαση των τεχνολογιών της πληροφορικής και των επικοινωνιών που είναι σήμερα διαθέσιμες και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ένα τέτοιο σύστημα. Υπάρχει λοιπόν μια πληθώρα τεχνολογιών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σήμερα, και να ενσωματωθούν σε ένα σύστημα συνεργασίας από απόσταση. Επιπλέον, υπάρχουν διάφορα είδη αρχιτεκτονικών και προτύπων για το σχεδιασμό και την υλοποίηση νέων συστημάτων για συνεργασία από απόσταση.

Το παραπάνω γεγονός αποτελεί μια ισχυρή ένδειξη ότι η συνεργασία από απόσταση αποτελεί μια υπηρεσία αρκετά χρήσιμη και με μεγάλη αποδοχή, αλλά και ένα ισχυρό ερευνητικό και τεχνολογικό πεδίο. Στο τεχνολογικό πεδίο, οι προγραμματιστές μπορούν να υλοποιήσουν εφαρμογές και συστήματα για συνεργασία από απόσταση είτε επαναχρησιμοποιώντας ήδη υπάρχοντα εργαλεία για την υλοποίηση ενός ολοκληρωμένου συστήματος, είτε βασισμένοι στα ήδη υπάρχοντα πρότυπα, τυποποιήσεις και πρωτόκολλα.

Σε κάθε περίπτωση, αυτό που θα πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι οι απαιτήσεις των χρηστών, καθώς υπάρχει ο κίνδυνος δημιουργίας δύσχρηστων συστημάτων και εργαλείων. Επίσης, οι παρακάτω παρατηρήσεις είναι απαραίτητο να ληφθούν υπόψη:

- παρά την αυξανόμενη χρήση των ολοκληρωμένων τεχνολογιών συνεργασίας από απόσταση, σε διάφορους τομείς εφαρμογών υπάρχει ακόμα σχετικά λίγη προσανατολισμένη έρευνα ανά τομέα για τέτοιες τεχνολογίες
- τα περισσότερα εργαλεία υποστηρίζουν ολοκλήρωση στον τρόπο ή/και στο μέσο, και όχι στη δομή
- η πολυπλοκότητα των σημερινών ολοκληρωμένων συστημάτων είναι μια πραγματική πρόκληση για τους χρήστες, οι οποίοι τείνουν να στραφούν πάλι σε γνωστές και απλές λύσεις
- οι παραπάνω παρατηρήσεις αποτελούν και κατευθύνσεις στη μελλοντική έρευνα των συστημάτων συνεργασίας από απόσταση.

Ερωτήματα και Θέματα για Συζήτηση

1. Αναφέρατε τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των peer-to-peer και client-server συστημάτων συνεργασίας από απόσταση.
2. Αναφέρατε τα διαθέσιμα πρότυπα, πρωτόκολλα και τυποποιήσεις που μπορούν να συνεισφέρουν στην υλοποίηση συστημάτων συνεργασίας από απόσταση.
3. Μελετήστε τον Πίνακα 21.2. Αναζητήστε στη βιβλιογραφία και στον παγκόσμιο ιστό ερευνητικά πρωτότυπα για συνεργασία από απόσταση με χρήση υπολογιστή. Εμπλουτίστε τον Πίνακα 21.2 με τα εργαλεία που βρήκατε.
4. Μελετήστε την κατηγοριοποίηση των εμπορικών εργαλείων κατά (Munkvold & Zigers, 2005), καθώς και τον παράγοντα συνεργατικής ολοκλήρωσης τον οποίο υποστηρίζουν. Αναζητήστε στη βιβλιογραφία και στον παγκόσμιο ιστό εμπορικά προϊόντα για συνεργασία από απόσταση με χρήση υπολογιστή. Εμπλουτίστε τη

λίστα που αναφέρεται στο συγκεκριμένο κεφάλαιο με τα εργαλεία που βρήκατε για κάθε κατηγορία.