ComConsult Research

Der Netzwerk Insider

Mai 2008

Systematische Weiterbildung für Netzwerk- und IT-Professionals

Schwerpunktthema

Vermaschte Wireless Netze:

Funktionsweise, Technologien, Standardisierung unter IEEE 802.11s - Teil 2

von Dipl.-Inform. Petra Borowka

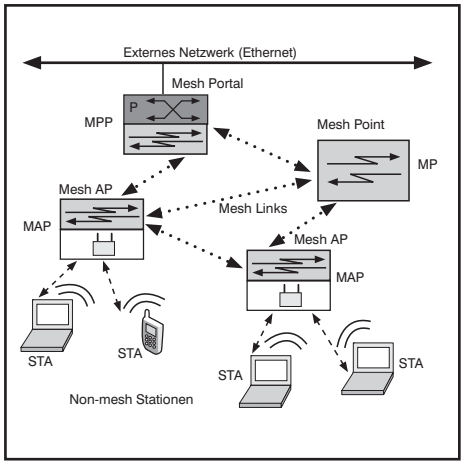
2. Mesh WLANs (Fortsetzung)

2.4 Grundsätzliche Arbeitsweise von Mesh WLANs

Eine Masche (Mesh Network) stellt „nach außen“ insgesamt einen MAC / Layer-2 Dienst zur Verfügung (siehe Abbildung 2.1). Der IEEE Standard drückt dies formal so aus:

Ein Mesh Netzwerk ist ein IEEE 802 LAN, das aus Links und Relay Komponenten besteht und aus Sicht anderer Netze funktional äquivalent zu einem Broadcast Ethernet erscheint.

Das bedeutet: Über die Masche hinweg werden Pakete mittels Ende-zu-Ende



MAC-Adressierung weitergeleitet, der Benutzer bekommt einen Frame-Dienst angeboten. Intern arbeitet das Mesh Netzwerk jedoch nicht wie ein Ethernet mit Spanning Tree und Link Aggregierung als Wegwahl- und Redundanzverfahren, sondern nutzt eine Art „Layer-2 Routing“. Der Name Layer-2 Routing drückt aus, dass für die Adressierung keine nach <Netz>.<Host> strukturierten Netzwerk-Adressen sondern eben „unstrukturierte“ Layer-2 Adressen zur Verfügung stehen, die keine immanente Routing Hierarchie ermöglichen. Für das Layer-2 Routing wurden zwei Dienste definiert: Mesh Dienst und Discovery.

weiter auf Seite 22

Zweitthema

Wettbewerbsvorteile durch die Bereitschaft zum Wandel

Warum Informatiker und Betriebswirtschaftler Freunde werden müssen

von Dr. Michael Wallbaum und Dr. Frank Imhoff

Die jüngsten Entwicklungen in der Kommunikationstechnologie bieten Unternehmen viele Möglichkeiten, ihre Geschäftsprozesse effizienter zu gestalten.

Egal, ob Unified Communications, Conferencing, RFID oder das oft zitierte Web 2.0: Die neuen Technologie-Trends zielen vor allem auf eine Virtualisierung des Büroarbeitsplatzes und die automatisierung von Prozessen. Damit wird der wachsenden Mitarbeiter-Mobilität Rechnung getragen, und es werden neue Modelle der Zusammenarbeit möglich. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht bedeutet dies neben Produktivitätsgewinnen auch Kostenvorteile.

Aber auch die Anwender profitieren durch komfortablere Kommunikationsmöglichkeiten und flexiblere Arbeitsplätze.

weiter auf Seite 9

Aktuelle Veranstaltung

Sommerschule 2008: Intensiv-Update auf den letzten Stand der Netzwerktechnik

ab Seite 4

Geleit

Gibt es noch ein einheitliches Ethernet?

ab Seite 2

Neuerscheinung des Monats

Analyse der Strategie und Marktposition von Siemens Enterprise Communications

Seite 21

Zum Geleit

Gibt es noch ein einheitliches Ethernet?

Die klassische Grundidee Lokaler Netzwerke ist einfach und überzeugend:

- ein einheitliches Netzwerk für alle Anwendungen
- das Netzwerk muss die Anwendungen nicht kennen

Dummerweise hat sich mit Ethernet und CSMA/CD ein Netzwerk durchgesetzt, das denkbar ungeeignet ist, dieses Ziel wirklich umzusetzen. Es hat sich ja auch nicht durchgesetzt, weil irgendjemand dafür war, sondern weil politisch gesehen niemand dagegen war. Wesentliche Mängel sind:

- Ethernet hat kein im Medien-Zugang integriertes Redundanz-Konzept (wie es FDDI und ATM hatten)
- der Medienzugang CSMA/CD ist für Hochgeschwindigkeits-Netzwerke kaum geeignet, er verliert Leistung

Um diese Probleme zu lösen, wurde der Switch erfunden. Er kompensiert die Mängel von Ethernet:

- durch den Einsatz von Full-Duplex-Verbindungen zwischen den Switchports wird Medienzugang quasi unnötig
- er realisiert die fehlenden Redundanz-Verfahren. Auf Layer-2 ist das der Rapid Spanning Tree (das eigentlich gar kein Redundanz-Verfahren ist, sondern ein Schleifen-Unterdrückungs-Verfahren wie auch schon der Name sagt)

Schon in der Vergangenheit war klar, dass diese Lösung nicht vollständig perfekt ist. Im Grunde wird in einem geswitchten Netzwerk das Medienzugangsverfahren durch die Pufferverwaltung in den Switches in Kombination mit der Layer-4-Flusskontrolle ersetzt. Da dies alles andere als schön ist, wurde in der klassischen Netzwerk-Planung der Buchungs-Faktor erfunden, der festlegt, dass ein Switch so beschaltet werden musss, dass die Daten, die rein fließen, auch wieder raus können. Dies ist aber eine rein planerische Maßnahme. Trotzdem ist es mit dieser schon fast als hemdsärmelig zu bezeichnenden Kombination aus grober Technik und Daumenregel-Planung gelungen, gut funktionierende Netzwerke aufzubauen. Ein wesentlicher Teil der Lösung war dabei stets die Überkapazität, also die Schaffung so großer Reserven, dass Fehler in der Planung und Mängel in den Verfahren automatisch bedeutungslos wurden.

All dies darf aber nicht darüber hinweg täuschen, dass Ethernet nach wie vor eine Krücke ist, wie folgende Überlegungen zeigen:

- die zunehmende Wirtschaftlichkeit von 10 Gigabit-Ethernet schafft in der Betrachtung schneller Speichersysteme und den gegenüberstehenden 100 Mbit/s PCs wieder ein Leistungsverhältnis von 100:1. Fehlplanungen und Überbuchungen von Switch-Schaltungen können sich deutlicher auswirken. Und 40 und 100 Gigabit stehen vor der Tür (vorerst wohl nur für Provider zu bezahlen)
- in der Vergangenheit wurde Ethernet unter anderem dadurch geschützt, dass weit verbreitete Implementierungen von TCP/IP mit einem Fenster von 1 den Datenfluss gesteuert haben. Das ist nun vorbei. Alle neueren Implementierungen gehen auf die Maximierung der Fenster. Dies ist zwar dynamisch gesteuert und passt sich an, kann aber doch zu deutlichen Punktlasten führen. In Kombination mit dem 100:1-Verhältnis wird hier klar, dass man diese Entwicklung beobachten muss
- auch mit allen Tricks und Klebebändern kann Ethernet in der bisher gegebenen Form keine Übertragungs-Garantie bieten. Bei allen Klimmzügen bleibt das Risiko des Pufferüberlaufs in einem Switch und damit die Möglichkeit des Datenverlusts
- Redundanzverfahren wie der Rapid Spanning Tree mögen in kleinen Layer-2-Bereichen ausreichen, haben aber immer den Nachteil der langsamen Umschaltzeit im Vergleich zur Datenrate und der Unübersichtlichkeit in größeren Implementierungen. Die Lösung war dementsprechend bisher, die Layer-2-Bereiche klein zu halten und wesentliche Redundanz-Lösungen in den Layer-3-Bereich zu verschieben (das Problem der Umschaltzeiten bleibt auch hier bestehen)

Konnten wir bisher damit leben, so wird das ungetrübte Ethernet-Glück immer mehr in Frage gestellt. Neue Anwendungsfelder machen dies deutlich:

- das Rechenzentrum erfordert mit der Konsolidierung von Hunderten von physikalischen und/oder virtualisierten Servern auf engstem Raum andere Netzwerk-Lösungen als bisher
  - zum einen wird 10 Gigabit in den nächsten Jahren hier zum Standard werden
  - es besteht ein hoher Bedarf an Verfügbarkeit, Rapid Spanning Tree Redundanz reicht nicht mehr aus, schon heute sind Herstellerspezifische Lösungen wie die von Cisco und Nortel fast die Regel
  - es können relativ große Layer-2-Bereiche entstehen, damit wird auch klar, das RSTP hier an seine Grenzen stößt
- die Integration von Speicher-Netzwerken in Ethernet erfordert eine 100%-Verfügbarkeit, anders ausgedrückt eine Übertragungs-Garantie. Oder anders formuliert: Anwendungen ohne Flusskontrolle auf einem höheren Layer und einer geforderten Paket-Loss-Rate von 0 können mit dem bestehenden Ethernet nicht umgesetzt werden. Spätestens Fibre-Channel über Ethernet macht klar, dass das normale Ethernet hier nicht punkten kann. So werden in der IEEE-Normung unter Hochdruck

Zweitthema

Wettbewerbsvorteile durch die Bereitschaft zum Wandel

Warum Informatiker und Betriebswirtschaftler Freunde werden müssen

Fortsetzung von Seite 1

Dr. Michael Wallbaum ist Senior Consultant der ComConsult Beratung und Planung GmbH. Er blickt auf jahrelange Projekterfahrung in Forschung, Entwicklung und Betrieb im Bereich mobiler Kommunikationssysteme, Voice-over-IP und Groupware zurück. Zu diesen Themenbereichen sind von ihm zahlreiche Veröffentlichungen und Buchbeiträge erschienen.

Dr. Frank Imhoff ist technischer Direktor und Senior Consultant der ComConsult Beratung und Planung GmbH. Er blickt auf jahrelange Erfahrung in Forschung, Entwicklung und Betrieb von lokalen Netzen, Voice-over-IP, Wireless Local Area Networks sowie anderen Mobilfunk- und Telekommunikationssystemen zurück. Zu diesen Themenbereichen sind von ihm bereits zahlreiche Veröffentlichungen erschienen und Seminare betreut worden.

Welche Technologien die Richtigen sind, ist jedoch viel mehr eine betriebswirtschaftliche denn eine technische Frage. Nur mit Hilfe von konkreten Analysen der Kommunikationsprozesse sind schnelle Return-On-Invests zu erzielen. Neue Technologien erfordern aber auch fundamentale Umstellungen der Arbeitsabläufe. Nur so lassen sich Mehrwerte erzielen.

Es knirscht im Getriebe der Arbeitswelt. Mitarbeiter und Kollegen sind schwer erreichbar und verbringen viel Zeit mit Reisen und anderen unproduktiven Aufgaben. Manchmal kommt das vage Gefühl auf, dass sehr viel Know-how im Unternehmen brach liegt, da niemand so recht weiß, womit sich die Kollegen zwei Räume weiter im Detail beschäftigen. Gelegentlich stellt sich darüber hinaus die Frage, wie bestimmte Entscheidungen von Projektteams eigentlich zustande gekommen sind. Und schließlich müssen sich fast alle in Unmengen von Informationen zurechtfinden, megabyteweise Dokumente zur weiteren Bearbeitung oder auch nur zur Kenntnisnahme entgegennehmen. Die Suche nach Informationen nimmt oft viel Zeit in Anspruch, ohne dass am Ende sicher ist, dass es sich um aktuelle Daten handelt.

Es knirscht im Getriebe der Arbeitswelt, aber zu wenige machen sich Gedanken darüber. Kaum einer, der diese Probleme nicht kennt, und dennoch wird noch zu wenig getan, um die Arbeitsplätze attraktiver und die Abläufe effizienter zu gestalten. Schlimmer noch: In innovationsgetriebenen Märkten sind kurze Entwicklungszyklen gefordert, um der Konkurrenz voraus zu bleiben. In Märkten, in denen Produkte zunehmend austauschbar werden, findet die Differenzierung am Markt über den Service statt. In beiden Fällen spielt die Effizienz und Effektivität der Kommunikation eine entscheidende Rolle. Viele Unternehmen verschenken also die Chance, sich über eine hohe Innovationskraft und bessere Dienstleistungen einen echten Wettbewerbsvorteil zu verschaffen.

In zunehmend automatisierten Geschäftsprozessen erweist sich die Kommunikation und Zusammenarbeit zunehmend als Flaschenhals. Egal, ob man Kollegen nicht erreichen kann oder ob komplexe Themen eine Reise erforderlich machen: Solche Unterbrechungen (siehe Abbildung 1) ergeben in der Summe ein Problem. Es gibt jedoch absolut keinen Grund sich mit der derzeitigen Situation abzufinden oder auch nur abzuwarten. In den kommenden Monaten und Jahren werden eine ganze Reihe von innovativen Technologien Einzug in Produkte und Unternehmen halten, die die Arbeitsabläufe grundlegend verändern werden. Bereits heute steht eine Reihe von technischen Lösungen zur Verfügung, die unsere Geschäfts- und Arbeitsprozesse positiv verändern können. Dazu ist es jedoch nötig, sich in einigen Fällen von zu kurz gedachten Betrachtungen des Return on Investment (ROI) und der Total Cost of Ownership (TCO) zu lösen und auch strategische Aspekte sowie schwer in Zahlen fassbare Mehrwerte wie etwa höhere Effektivität und Qualität oder drastisch kürzere Entwicklungszeiten zu berücksichtigen.

Die genannten Probleme haben ihre Wurzeln in drei Bereichen, die bisher eine höchst unbefriedigende Unterstützung durch die Informations- und Kommunikationstechnologie erfahren haben: Kommunikation, Kollaboration und Mobilität. In letzter Konsequenz wird heute in den meisten Unternehmen nicht anders gearbeitet als noch vor 30 Jahren. Die Schreibmaschine wurde durch den PC ersetzt, der Aktenschrank durch ein SAN und Post durch Email. Diese und andere Entwicklungen haben zwar Vorteile gebracht, jedoch stoßen sie mit den neuen Anforderungen an die Flexibilität der Arbeitsprozesse und die Mitarbeitermobilität an ihre Grenzen. Im Folgenden werden daher neue Entwicklungen in den genannten Bereichen vorgestellt und ihr Potenzial diskutiert.

Unified Communications

Wettbewerbsvorteile durch die Bereitschaft zum Wandel

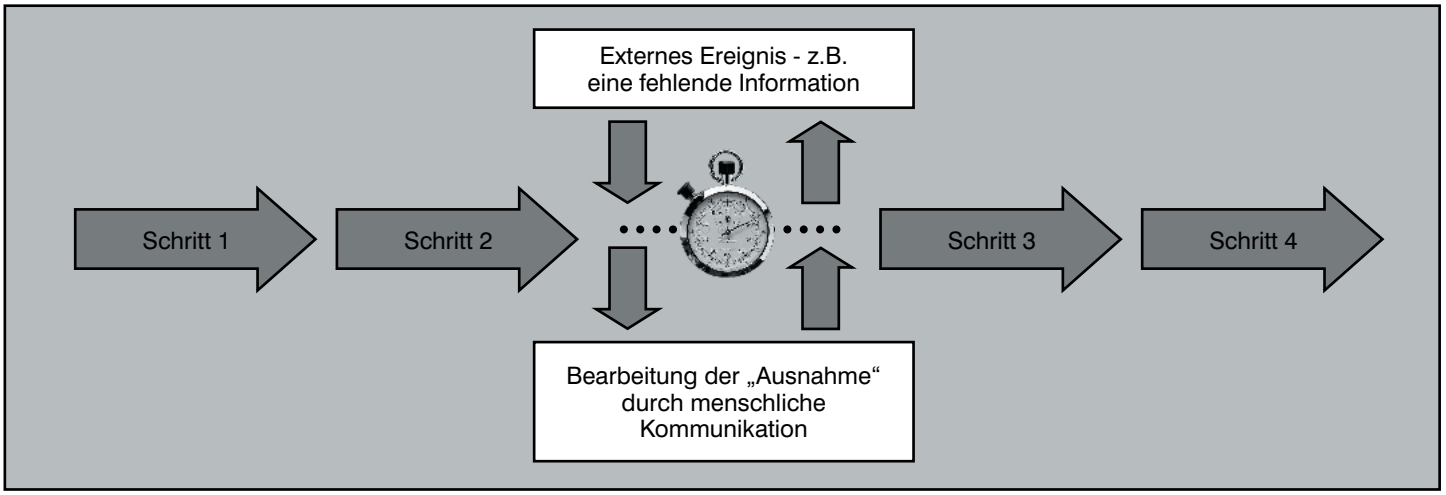


Abbildung 1: Unterbrechungen im Ablauf von Geschäftsprozessen

Vorausgesetzt, ein Unternehmen verfügt bereits über ein Mindestmaß moderner Kommunikationsmedien, dann stellt sich die Frage, auf welchem Wege kann ein wichtiger Kollege am besten erreicht werden: Per Telefon, Handy, Fax, Email oder Instant Messaging? Diese Frage stellt sich täglich tausendfach und häufig werden mehrere Wege durchprobiert bis man endlich am Ziel ist. Die Kommunikation innerhalb eines Unternehmens leidet derzeit vor allem an der fehlenden Integration der verwendeten Kommunikationsmedien. Jeder Mitarbeiter verfügt laut Gartner im Schnitt über sechs Endgeräte bzw. Applikationen, die er regelmäßig zur Kommunikation gebraucht. Diese Vielfalt erhöht aber nicht zwangsläufig die Erreichbarkeit, denn auf welchem Weg lässt sich ein Mitarbeiter zu einem bestimmten Zeitpunkt am besten erreichen? Erfahrungsgemäß ist der erste Versuch einer Kontaktaufnahme selten erfolgreich, ähnlich dem Phänomen, das man sich an der Supermarktkasse nie in die schnellste Schlange stellt. Diese Lebenserfahrung wird durch eine Studie von Sage Research untermauert. Demnach müssen bei mehr als der Hälfte aller Kontaktaufnahmen verschiedene Anschlüsse und Konten versucht werden. (Noch interessanter wird es, wenn mehrere Mitarbeiter über die gesuchte Information verfügen – verbeißt man sich in einen potenziellen Informanten oder scheucht man alle auf?) Dieses manuelle Durchprobieren ist nicht nur hochgradig unproduktiv und unbefriedigend, sondern verzögert auch Geschäftsprozesse und erhöht somit die Kosten. Auch bei den Adressaten der Kommunikation entsteht ein Zeitverlust, da alle Posteingänge, Voice-Mailboxen, Faxgeräte, Handys und Instant Messenger im Auge behalten werden müssen. Im schlimmsten Fall gehen durch die Trennung der Kommunikationskanäle wichtige Nachrichten verloren.

Unified Communications kann die Unternehmenskommunikation erheblich verbessern indem es die verwendeten Medien – viel stärker als bisher – integriert. Ziel ist es die Mitarbeiter, unabhängig vom Aufenthaltsort und unabhängig vom Endgerät, in die Unternehmensprozesse einzubinden und ihnen den Zugriff auf die Unternehmensdaten zu ermöglichen. Kaum ein Unternehmen kann es sich heute noch leisten auf diese Werkzeuge zu verzichten. Arbeitsflexibilität, Produktivitätssteigerungen, Schnelligkeit und nicht zuletzt Mitarbeiter- und Kundenzufriedenheit bedingen den Einsatz mobiler Lösungen.

Die Unified Communications Vision vereint, wie in Abbildung 2 dargestellt, die Ideen von Unified Messaging, Instant Messaging und Computer-Telephony-Integration (CTI) in einer einzigen Anwendung. Unified Messaging führt Faxe, Emails, Sprachnachrichten und SMS an einer zentralen Stelle (meist im Email-Postfach) zusammen; Instant Messaging ermöglicht den Austausch von kurzen Nachrichten in Echtzeit und zeigt den Präsenzstatus von Kollegen; CTI koppelt Telefon und Arbeitsplatz-PC, so dass das Telefon über den PC gesteuert werden kann und z.B. Informationen über Anrufer am Bildschirm des PCs angezeigt werden können. Diese Konzepte sind im Einzelnen zwar schon länger bekannt, jedoch werden sie bisher häufig getrennt betrachtet. Mit Unified Communications kann der Benutzer über ein Softphone mit integriertem Instant Messenger und CTI-Client seine eigene Erreichbarkeit steuern und von einer zentralen Stelle aus kommunizieren. Es gibt nur noch eine Rufnummer, ein Adressbuch, ein Rufjournal und eine (Voice-) Mailbox. So wird keine wichtige Nachricht verpasst.

Kernelement jedes Unified-Communications-Systems ist Präsenzinformation. Sie gibt Auskunft darüber, ob ein Mitarbeiter verfügbar, beschäftigt oder im Gespräch ist. Ist der Status eines gesuchten Mitarbeiters z.B. „online“, so kann man sich recht sicher sein, dass eine Nachricht per Email oder Instant Messaging gelesen wird. Der Präsenzstatus muss sich dabei nicht nur auf den Arbeitsplatz-PC beziehen, sondern kann z.B. auch über eine Client-Software auf einem Smartphone gesteuert werden. In der Regel wird die Präsenzinformation durch zusätzliche Informationen z.B. über Termine oder den aktuellen Aufenthaltsort angereichert, was gerade bei mobilen Mitarbeitern äußerst hilfreich ist. Die Ortsinformation wird dabei manuell oder automatisch über ein Funknetz bereitgestellt und ermöglicht so innovative Location-Based-Services. Wird der gesuchte Mitarbeiter z.B. über das Wireless LAN in einem Besprechungsraum geortet, sollte man vielleicht von einem Anruf absehen. Durch virtuelle Präsenz weiß der Anrufer bzw. Absender in jedem Fall, ob und auf welchem Wege der gewünschte Kommunikationspartner erreicht werden kann. Auch im Krankheitsfall oder bei Geschäftsreisen kann effizient auf eingehende Kontaktanfragen reagiert werden, indem die Nachricht automatisch an das mobile Endgerät oder an einen vertretenden Kollegen weitergeleitet wird.

Die Integration der verschiedenen Medien wird unser Kommunikationsverhalten grundlegend verändern. Zum Beispiel werden Kollegen, die offline oder beschäftigt sind, nicht mehr angerufen. Dies kann zum einen Zeit sparen, wenn die benötigte Information auch anderweitig besorgt werden kann und wirkt sich zum anderen positiv auf den Geräuschpegel in großen Büros aus. Sollten dennoch z.B. während eines Meetings Anrufe auf dem Softphone eingehen, so können diese mit einer kurzen Textnachricht beantwortet wer-

Schwerpunktthema

Vermaschte Wireless Netze:

Funktionsweise, Technologien, Standardisierung unter IEEE 802.11s -

Teil 2

Fortsetzung von Seite 1

Dipl. Inform. Petra Borowka leitet das Planungsbüro UBN und gehört zu den führenden deutschen Beratern für Kommunikationstechnik. Sie verfügt über langjährige erfolgreiche Praxiserfahrung bei der Planung und Realisierung von Netzwerk-Lösungen und ist seit vielen Jahren Referentin der ComConsult Akademie. Ihre Kenntnisse, internationale Veröffentlichungen, Arbeiten und Praxisorientierung sowie herstellerunabhängige Position sind international anerkannt.

Teilnahme am Mesh Dienst
Der Mesh Dienst ermöglicht, dass ein Mesh Knoten mit anderen Mesh Knoten über seine Funkschnittstelle kommunizieren kann. Zur eindeutigen Identifizierung hat jede Masche eine eigene ID (ähnlich wie SSID); diese muss der Mesh Knoten kennen, um sich in die Masche eingliedern zu können.

Discovery
Mittels Discovery finden Mesh Knoten ihre Nachbar-Knoten. Jeder Mesh Knoten startet nach dem Booten durch passives Scannen von Beacons oder aktives Scannen mit Probe Requests eine Discovery (siehe Abbildung 2.2). Beacons und Probe Requests werden vom jeweiligen Nachbarn beantwortet. Im zweiten Schritt baut der Mesh Point zu allen gefundenen Nachbarn einen Peer-Link auf (siehe Abbildung 2.3). Am Ende der Discovery hält der Mesh Point somit erstens eine Liste aller aktiven Nachbarn und hat zweitens einen Peer-Link zu allen gefundenen Nachbarn. Je Nachbar hat die Liste einen Tabelleneintrag mit MAC-Adresse, Verbindungs-Parametern (lokale MAC, Peer-MAC, lokale Link-ID, Peer-Link-ID etc.), empfangene Kanalnummer, Nachbarzustand (gesund, überlastet, zuckt noch, tot, wieder auferstanden, …), wie in Abbildung 2.4 gezeigt. Seine Nachbar-Liste hält der

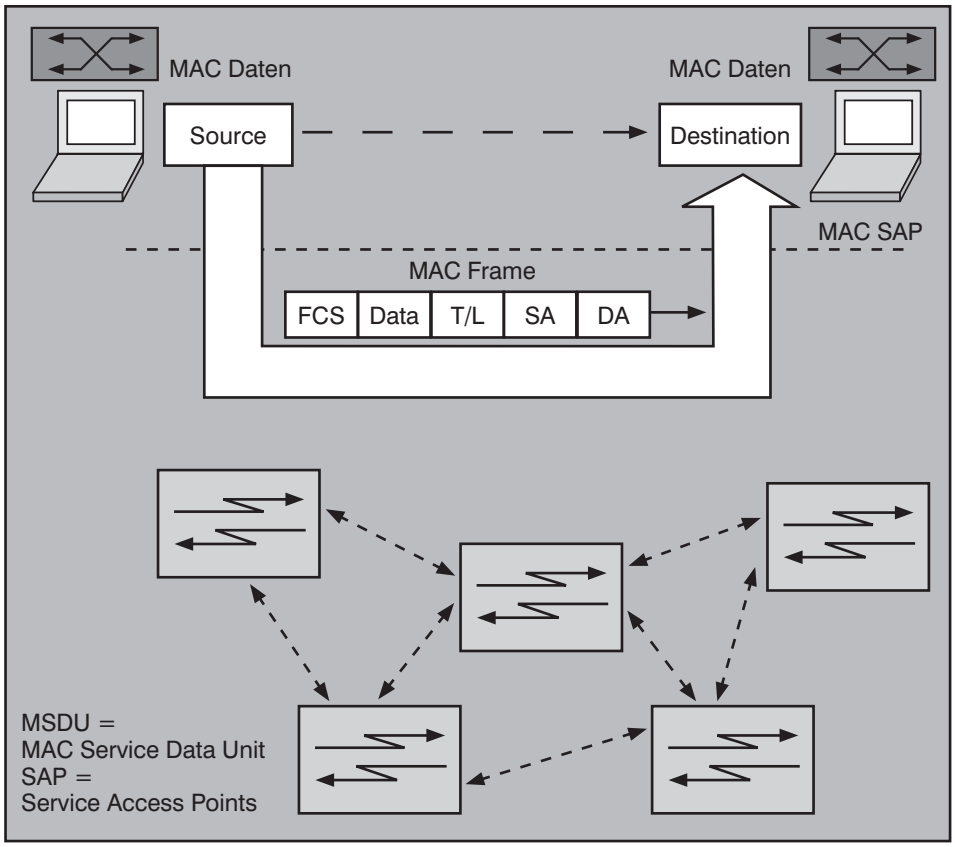


Abbildung 2.1: Mesh WLAN als Layer-2 Dienst nach außen

Mesh Point mit intervallmäßiger wiederholter Discovery auf dem aktuellen Stand, sofern keine Datenkommunikation stattfindet und der Mesh Point darüber den impliziten Nachweis der Nachbaraktivität hat. Die Gesamtheit aller Mesh Knoten und aller Peer Links bildet die Masche (das vermaschte WLAN-Netzwerk).

Datenkommunikation, Forwarding

Zusätzlich zur Discovery lernen Mesh Knoten durch den Austausch von Forwarding Informationen, welche MAC Ziele wo erreichbar sind. Der Weg zu einem erreichbaren MAC Ziel (MP oder Endgerät) wird als Pfad (Path) bezeichnet. Die Daten-Kommunikation wird mittels Hop by Hop Forwarding der Datenframes an einen Nachbarknoten realisiert, als Basis für die Forwarding Entscheidung dient wie bei einer ordentlichen Brückenfunktionalität die MAC Adresse. Über mehrere Hops hinweg (1 Hop ist der Weg über 1 Mesh Point) funktioniert die Kommunikation also wie beim Routing nach dem Next Hop Prinzip („Layer-2 Routing“), und ermöglicht so eine Multi-Hop Kommunikation. Die maximale Hopzahl ergibt sich aus den Eckwerten und Nutzungsmodellen zu etwa 10 bei Einsatz von Mesh Points mit Mehrfach-Antennen, zu etwa 4 bei Einsatz von Mesh Points mit Einfach-Antennen. Im Mesh WLAN gibt es nicht zwingend eine Hierarchie oder einen zentralen Steuerpunkt, die Kommunikation verläuft wie beim Routing grundsätzlich dezentral und wegeoptimiert. Mesh Point & Portale (MPP) können jedoch als „de facto zentraler Kommunikationspunkt“ aktive Pfade verstärkt auf sich ziehen.

Sobald Daten anliegen, werden aktive Wege für die Weiterleitung bis zum Zielpunkt aufgebaut. Solche Kommunikationswege (Pfade) werden durch Austausch von Forwarding (Routing) Informationen gefunden und aufrechterhalten. Der Austausch von Routeninformationen oder eine Routensuche erfolgt mittels Kontroll-Frames / Signalisierung; Mesh Knoten regeln dabei die Kommunikation untereinander so, dass die Masche stets ein zusammenhängender Verbund ist.

Je nach Metrik können für Hin- und Rückweg unterschiedliche Pfade ausgewählt werden. Das Beispiel in Abbildung 2.5 zeigt die aktiven Pfade aller MP/MAP‘s zu den beiden Portalen A und B. Im Gegensatz zum Spanning Tree Verfahren (nur EIN Weg bleibt übrig) werden die aktiven Pfade zu jedem Zielpunkt optimiert. Dadurch ergibt sich für die Wege zu unterschiedlichen Zielpunkten eine indirekte Lastverteilung – genau so wie Sie dies vom IP Routing kennen. Das zugrunde liegende Verfahren ist natürlich aufwändiger, da für jede MAC-Zieladresse ein Weg gesucht werden muss, d.h. die Suche sich nicht auf komplette „IP-Netze“ wie beim IP Routing beschränkt. (siehe Abbildung 2.5)

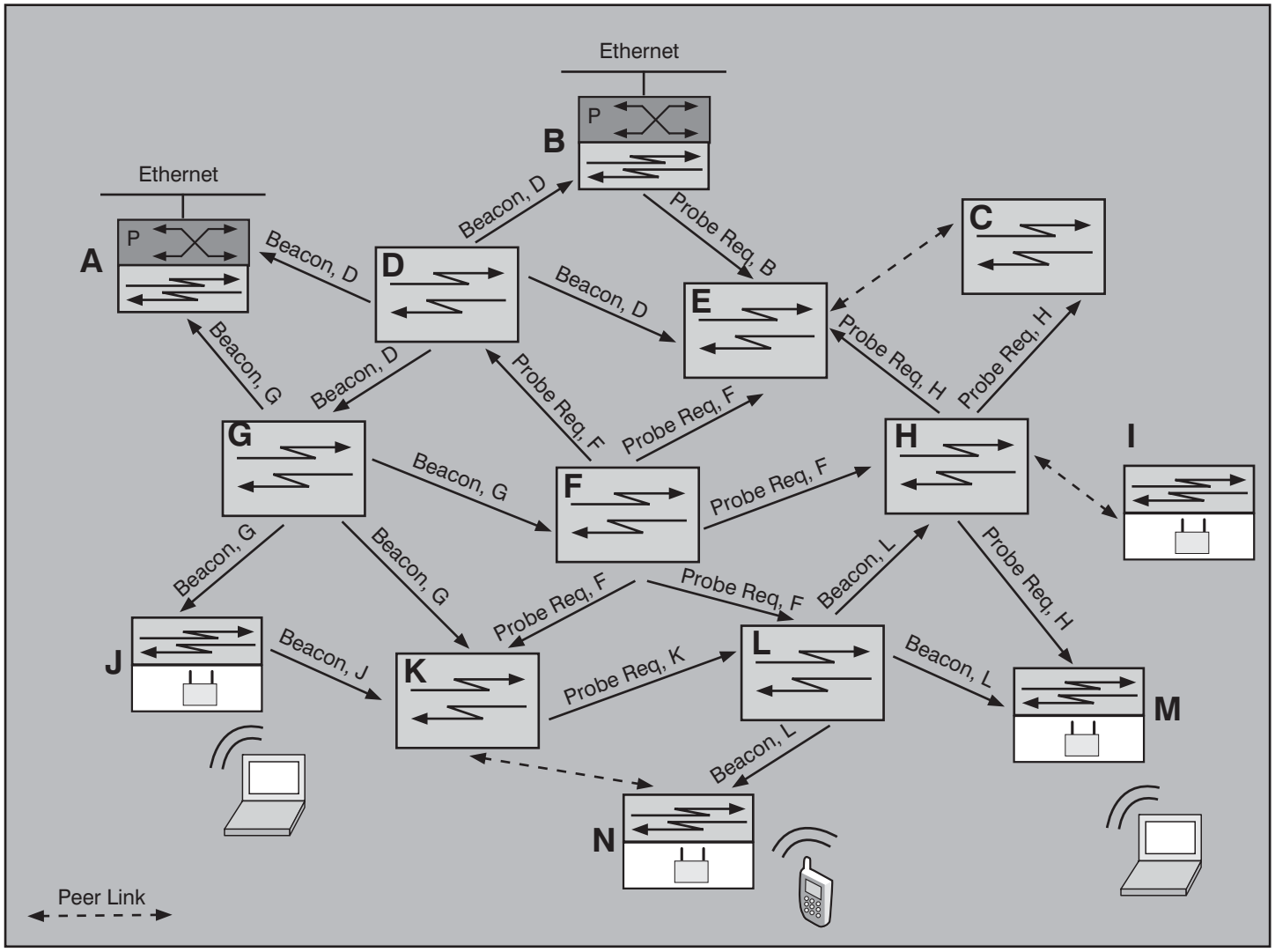


Abbildung 2.2: Nachbar Discovery