# บทที่ 4
# สถาปัตยกรรมการแบ่งกลุ่มข้อมูลที่ระดับการประยุกต์

## *4.1 กล่าวนำ*

ด้วยการพัฒนาอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยีโทรคมนาคม รูปแบบใหม่ๆของอุปกรณ์การประยุกต์ได้ถือกำเนิดขึ้นมากมาย เช่น การประชุมทางวีดิทัศน์ (Videoconferencing), การสืบค้นฐานข้อมูลสื่อประสม (Multimedia database search and retrieval), งานบรรณาธิกรร่วม (Shared editing) และระบบเกมแบบหลายผู้เล่น (Multi-user gaming) โดยอุปกรณ์การประยุกต์เหล่านี้มีความสามารถในการให้บริการที่หลากหลายมากกว่าอุปกรณ์การประยุกต์แบบเดิม ดังนั้นจึงไม่เป็นที่น่าแปลกใจเลยว่าระบบการสื่อสารแบบเก่าจะไม่มีความสามารถในการให้บริการผู้ใช้ที่ใช้อุปกรณ์การประยุกต์เหล่านี้ได้ทั้งหมดเสมอไป เนื่องจากระบบการสื่อสารแบบเก่า เช่นชุดเกณฑ์วิธีอินเทอร์เน็ต (ทีซีพีหรือ ยูดีพี บนไอพี) ถูกออกแบบมาเพื่อให้บริการแบบตรงไปตรงมากับอุปกรณ์การประยุกต์ กล่าวคือเป็นการให้บริการแบบ "ทั้งหมดหรือไม่มีเลย (all-or-nothing)" ไดแก่การสื่อสารข้อมูลแบบเรียงลำดับและเชื่อถือได้ของทีซีพี และการสื่อสารข้อมูลแบบไม่เรียงลำดับและไม่น่าเชื่อถือของยูดีพี

มีการเสนอสถาปัตยกรรมระบบการสื่อสารที่เรียกว่าการแบ่งกลุ่มข้อมูลที่ระดับการประยุกต์หรือเอแอลเอฟ (Application Level Framing; ALF) [11] ซึ่งมีแนวความคิดพื้นฐานว่าอุปกรณ์การประยุกต์ควรมีส่วนร่วมในกระบวนการส่งผ่านข้อมูล เนื่องจากอุปกรณ์การประยุกต์จะทราบดีที่สุดว่าข้อมูลที่จะทำการส่งดังกล่าว มีคุณลักษณะและความต้องการอย่างไร นอกจากนั้นอุปกรณ์การประยุกต์ยังทราบดีว่าควรจะทำอย่างไรเมื่อข้อมูลเกิดการสูญหายไประหว่างกระบวนการส่ง, ข้อมูลเดินทางมาถึงปลายทางผิดลำดับ หรือเดินทางมาถึงปลายทางช้ากว่ากำหนด หลักการสำคัญของเอแอลเอฟมีอยู่ว่าข้อมูลควรจะถูกแบ่งเป็นส่วนๆด้วยอุปกรณ์การประยุกต์ให้เป็นหน่วยข้อมูลการประยุกต์หรือเอดียู (Application Data Units; ADU) โดยเอดียูจะทำหน้าที่เป็นหน่วยในการประมวลผล, หน่วยในการควบคุม และหน่วยในการส่ง นอกจากนั้น เอดียูยังเป็นหน่วยอิสระที่จะถูกส่งผ่านโครงข่ายสื่อสารทันทีเมื่อผ่านการประมวลผลจากส่วนอุปกรณ์การประยุกต์ต้นทาง แล้วจากนั้นจึงเป็นหน้าที่ของอุปกรณ์การประยุกต์ปลายทางที่จะตัดสินใจว่าจะทำอย่างไรกับเอดียูที่ได้รับ เช่น ละทิ้งเอดียูนั้น หรือร้องขอให้ทางต้นทางทำการส่งเอดียูดังกล่าวมาใหม่

หลักการของสถาปัตยกรรมเอแอลเอฟเป็นหลักการที่น่าสนใจ หากแต่มีระบบและโพรโทคอลจำนวนน้อยมากที่ใช้หลักการดังกล่าว ทั้งนี้เนื่องจากการออกแบบและสร้างระบบการสื่อสารในลักษณะดังกล่าวขึ้นมาใหม่มีความซับซ้อนสูงและสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมาก อย่างไรก็ดี มีความพยายามในการพัฒนาระบบและโพรโทคอลที่มีอยู่เดิมให้เป็นไปตามสถาปัตยกรรมเอแอลเอฟ [12], [13] กล่าวคือทำการปรับปรุงระบบและโพรโทคอลที่ใช้อยู่ร่วมกับอุปกรณ์การประยุกต์ประเภท

ต่างๆโดยคำนึงถึงการเพิ่มผลประโยชน์ที่อาจจะได้รับให้ได้สูงสุดจากการใช้หน่วยข้อมูลการประยุกต์หรือเอดียู ซึ่งเป็นหลักการสำคัญของสถาปัตยกรรมเอแอลเอฟ แนววิธีในการพัฒนาและปรับปรุงระบบและโพรโทคอลร่วมกับอุปกรณ์การประยุกต์ในลักษณะดังกล่าวมีอยู่ 2 วิธีหลักๆ ได้แก่

- การปรับแต่งกรรมวิธีการส่งผ่านข้อมูลผ่านโครงข่ายสื่อสารให้เหมาะสมกับเอดียูของข้อมูลแต่ละประเภท โดยคำนึงถึงลำดับในการส่งผ่านข้อมูล, ความน่าเชื่อถือของการส่งผ่านข้อมูล และความสามารถในการส่งข้อมูลแบบเวลาจริง
- การรวมกระบวนการควบคุมการส่งผ่านข้อมูลผ่านโครงข่ายสื่อสารเข้ากับอุปกรณ์การประยุกต์ให้เป็นระบบเดียวกันอย่างสมบูรณ์ ดังนั้นการส่งข้อมูลและการประยุกต์ใช้ข้อมูลจะกลายเป็นกระบวนการเดียวกันโดยปริยาย การรวมกันของระบบในลักษณะนี้ช่วยให้ได้ระบบที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เนื่องจากจำนวนครั้งในการติดต่อข้ามระบบระหว่างส่วนควบคุมการส่งข้อมูลและส่วนการประยุกต์ลดลง

### *4.2 การกำหนดหน่วยข้อมูลการประยุกต์*

การเลือกขนาดของหน่วยข้อมูลการประยุกต์หรือเอดียูที่เหมาะสมจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของระบบเป็นอย่างมาก โครงสร้างของเอดียูจะต้องมีลักษณะคงที่ตลอดเมื่อเอดียูถูกส่งผ่านระบบสื่อสาร กล่าวคือ เอดียูจะไม่ถูกแบ่งเป็นส่วนย่อยอีกเมื่อมีการส่งผ่านหน่วยข้อมูลดังกล่าว ดังนั้นขนาดของเอดียูจึงต้องมีค่าไม่เกินขนาดของหน่วยการส่งผ่านข้อมูลสูงสุดหรือเอ็มทียูที่ต่ำที่สุดในช่องทางการส่งผ่านข้อมูลทางกายภาพ อย่างไรก็ตามขนาดของเอดียูเป็นคุณลักษณะทางโครงสร้างของอุปกรณ์การประยุกต์ ในขณะที่ขนาดของเอ็มทียูที่ต่ำที่สุดขึ้นอยู่กับคุณลักษณะทางกายภาพของช่องทางการสื่อสาร ซึ่งยังไม่ทราบค่าขณะที่ทำการออกแบบอุปกรณ์การประยุกต์และระบบสื่อสาร ดังนั้นวิธีที่ง่ายที่สุดในการกำหนดขนาดของเอดียูในขั้นตอนการออกแบบอุปกรณ์การประยุกต์คือกำหนดให้เอดียูมีขนาดต่ำที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้เพื่อให้มีขนาดเหมาะสมกับขนาดของเอ็มทียูที่เป็นไปได้ทั้งหมด สำหรับการส่งข้อมูลผ่านระบบอินเทอร์เน็ตในปัจจุบัน ขนาดของเอ็มทียูที่ต่ำที่สุดคือ 576 ไบต์ [14] ดังนั้นขนาดของเอ็มทียูที่เหมาะสมสำหรับอุปกรณ์การประยุกต์ที่ใช้งานผ่านระบบอินเทอร์เน็ตควรจะมีค่าไม่เกิน 576 ไบต์

คุณสมบัติข้อหนึ่งของเอดียูซึ่งเป็นคุณลักษณะที่สำคัญของเอแอลเอฟได้แก่ความเป็นอิสระของเอดียูแต่ละหน่วย กล่าวคือเอดียูแต่ละหน่วยมีข้อมูลที่จำเป็นในการประมวลผลครบถ้วน อย่างไรก็ดีคุณสมบัติดังกล่าวถือเป็นจุดที่ยากที่สุดในการออกแบบสถาปัตยกรรมเอแอลเอฟ คุณสมบัติความเป็นอิสระของเอดียูนี้มีประโยชน์อย่างยิ่งโดยเฉพาะกับการประยุกต์ใช้สถาปัตยกรรมเอแอล

เอฟร่วมกับการส่งข้อมูลภาพผ่านระบบสื่อสาร กำหนดให้แบ่งภาพเป็นส่วนย่อยๆ โดยแต่ละส่วนของภาพที่ถูกแบ่งนั้นจะถูกส่งผ่านระบบสื่อสาร, ถูกควบคุม และถูกประมวลผลอย่างเป็นอิสระต่อกัน และเมื่อส่วนของภาพดังกล่าวนั้นถูกส่งผ่านระบบสื่อสารไปถึงปลายทาง อุปกรณ์ประยุกต์ที่ปลายทางสามารถประมวลผล ตรวจสอบและแสดงส่วนของภาพที่ได้รับได้ทันที โดยไม่จำเป็นต้องรอเรียงลำดับ หรือรอให้ได้รับส่วนของภาพทั้งหมด ในกรณีนี้ส่วนต่างๆของภาพที่ถูกแบ่งถือเป็นเอดียูแต่ละหน่วยซึ่งเป็นอิสระต่อกันอย่างชัดเจน

### *4.3 การปรับแต่งระบบสื่อสารให้เข้ากับความต้องการของอุปกรณ์การประยุกต์*

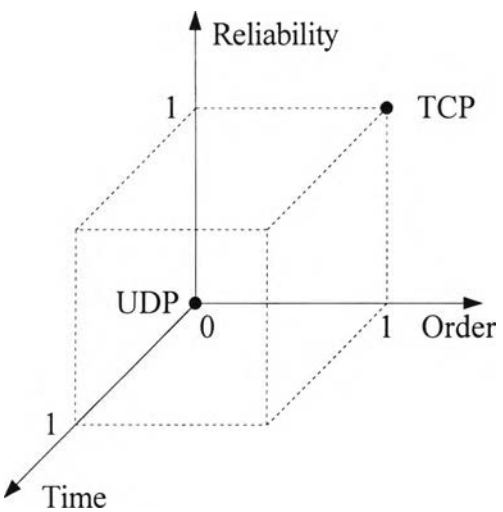
ในระบบอินเทอร์เน็ต การส่งผ่านข้อมูลผ่านช่องสื่อสารส่วนใหญ่จะถูกควบคุมโดยโพรโทคอลหนึ่งในสองแบบที่มีลักษณะแตกต่างกันอย่างสิ้นเชิง ได้แก่

- ทีซีพี ควบคุมให้ข้อมูลระหว่างต้นทางและปลายทางมีความน่าเชื่อถือและเป็นไปตามลำดับ โพรโทคอลนี้ถูกออกแบบมาให้ใช้กับการส่งแฟ้มข้อมูล และอุปกรณ์การประยุกต์ที่ต้องการความน่าเชื่อถือ เช่นไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ และ เกณฑ์วิธีขนส่งข้อความหลายมิติ หรือ เอชทีทีพี (HyperText Transfer Protocol; HTTP)
- ในทางกลับกัน ยูดีพีให้บริการแบบง่ายๆกับชั้นการประยุกต์ด้วยการแยกกลุ่มข้อมูล และตรวจจับข้อผิดพลาดอย่างง่าย โดยการใช้ผลรวมตรวจสอบ (Check sum) ความน่าเชื่อถือในการส่งผ่านข้อมูลจะถูกกำหนดและจัดการที่ชั้นการประยุกต์เท่านั้น

อย่างไรก็ตาม โพรโทคอลในชั้นขนส่งทั้งสองที่มีอยู่ในชุดโพรโทคอลอินเทอร์เน็ตนั้นไม่เพียงพอที่จะรองรับความต้องการของอุปกรณ์การประยุกต์ด้านสื่อประสมที่ถูกพัฒนาเพิ่มมากขึ้นในปัจจุบัน เนื่องจากอุปกรณ์การประยุกต์อาจมีความต้องการในการจัดการที่แตกต่างกันสำหรับเอดียูแต่ละประเภท เช่นอาจมีความต้องการให้สามารถส่งเอดียูทั้งแบบที่มีความน่าเชื่อถือ และไม่มีความน่าเชื่อถือในอุปกรณ์การประยุกต์ชุดเดียวกัน ส่งผลให้ต้องมีการใช้โพรโทคอลมากกว่าหนึ่งโพรโทคอล ทั้งนี้เพราะทีซีพีไม่เหมาะสมกับการส่งเอดียูแบบที่ไม่ต้องการความน่าเชื่อถือ ในขณะที่ยูดีพีไม่มีการให้บริการควบคุมเอดียูแบบที่ต้องการความน่าเชื่อถือ กล่าวคือในเมื่อไม่มีโพรโทคอลที่สามารถสนองความต้องการของอุปกรณ์การประยุกต์ทั้งหมดได้ อุปกรณ์การประยุกต์จึงควรมีความสามารถในการเลือกใช้โพรโทคอลในการสื่อสารที่แตกต่างกันสำหรับข้อมูลแต่ละประเภท

แบบจำลองคุณลักษณะของโพรโทคอลที่ใช้ในระบบสื่อสารประกอบด้วยคุณลักษณะ 3 แบบซึ่งแทนแกน 3 แกนในรูปลูกบาศก์สามมิติ ได้แก่ ความน่าเชื่อถือ (Reliability), การเรียงลำดับข้อมูล (Ordering) และ ความต่อเนื่องในการปรับเปลี่ยนโพรโทคอลเพื่อการส่งข้อมูลแบบทันที (Real-time) ดังแสดงในรูปที่ 4.1 สำหรับทีซีพีและยูดีพีนั้นมีคุณลักษณะเป็นจุดปลายสุด (Extreme

points) ของระนาบด้านที่ไม่มีคุณสมบัติการส่งข้อมูลแบบทันที (Non-realtime plane) ในขณะที่โพรโทคอลที่เหมาะสมกับอุปกรณ์การประยุกต์ที่พัฒนาขึ้นมาในปัจจุบันควรมีคุณลักษณะเป็นจุดปลายสุดที่ครอบคลุมรูปลูกบาศก์ทั้งหมด กล่าวคือเป็นโพรโทคอลที่สามารถปรับเปลี่ยนได้ในการส่งข้อมูลประเภทต่างๆ โดยยังคงมีความน่าเชื่อถือและรักษาลำดับข้อมูลในการส่งอย่างสมบูรณ์ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการออกแบบและการกำหนดโพรโทคอลที่มีคุณลักษณะดังกล่าวเป็นไปได้ยาก โพรโทคอลที่พัฒนาได้ตามสถาปัตยกรรมเอแอลเอฟจึงมีคุณลักษณะเป็นจุดภายในรูปลูกบาศก์ของแบบจำลองคุณลักษณะของโพรโทคอล




รูปที่ 4.1 แบบจำลองรูปลูกบาศก์ของคุณลักษณะของโพรโทคอลที่ใช้ในระบบสื่อสาร

ในการกำหนดคุณลักษณะที่ต้องการของโพรโทคอลที่ใช้ในชั้นขนส่งนั้น สามารถทำได้โดยการแยกโพรโทคอลออกเป็นกระบวนการย่อยๆ คุณสมบัติของกระบวนการย่อยๆแต่ละส่วนจะถูกกำหนดโดยพารามิเตอร์แสดงคุณลักษณะของโพรโทคอลที่ต้องการ ดังนั้นคุณลักษณะที่ต้องการของโพรโทคอลสามารถกำหนดได้ด้วยการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม ค่าพารามิเตอร์แสดงคุณลักษณะดังกล่าวมีค่าต่างๆ ได้แก่

- ลำดับการส่งข้อมูล (Ordering) หมายถึงลำดับในการส่งข้อมูลจากต้นทางไปยังปลายทาง ค่าพารามิเตอร์สำหรับคุณลักษณะข้อนี้มี 2 ค่า คือ การส่งข้อมูลแบบเรียงลำดับ (In-sequence delivery) และการส่งข้อมูลแบบไม่เรียงลำดับ (Out-of-sequence delivery)
- ความน่าเชื่อถือ (Reliability) หรือการควบคุมข้อผิดพลาด (Error Control) หมายถึงกระบวนการในการตรวจจับและแก้ไขข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นกับเอดียูหน่วยต่างๆ ค่าพารามิเตอร์สำหรับคุณลักษณะนี้ได้แก่

- *ไม่น่าเชื่อถือ (Nonreliable)* คือไม่มีกระบวนการใดๆในการตรวจจับและแก้ไขข้อผิดพลาด
- *น่าเชื่อถือทั้งหมด (Fully reliable)* คือมีหลักประกันว่าเอดียูทุกหน่วยจะถูกส่งถึงยังปลายทางแน่นอน โดยมีการเพิ่มส่วนสนับสนุนการส่งข้อมูลใหม่ (Retransmission module) ในอุปกรณ์การประยุกต์เพื่อควบคุมความน่าเชื่อถือในการส่งเอดียู
- *น่าเชื่อถือบางส่วน (Partially reliable)* คือมีการควบคุมข้อผิดพลาดด้วยการใช้รหัสในการตรวจจับและแก้ไขข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นกับเอดียูใดๆ โดยรหัสที่ใช้อาจไม่สามารถตรวจสอบและแก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นกับเอดียูได้ทั้งหมด แต่อุปกรณ์การประยุกต์จะทราบว่าเอดียูหน่วยใดมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้น

- ทราฟฟิก (Traffic) หมายถึงการควบคุมลักษณะการไหลของเอดียูผ่านระบบสื่อสารตามเวลาจริง ค่าพารามิเตอร์สำหรับคุณลักษณะนี้ได้แก่ ทราฟฟิกแบบไม่ทันที (Non-realtime traffic) และ ทราฟฟิกแบบไม่ทนต่อเวลาหน่วง (Delay-sensitive traffic)

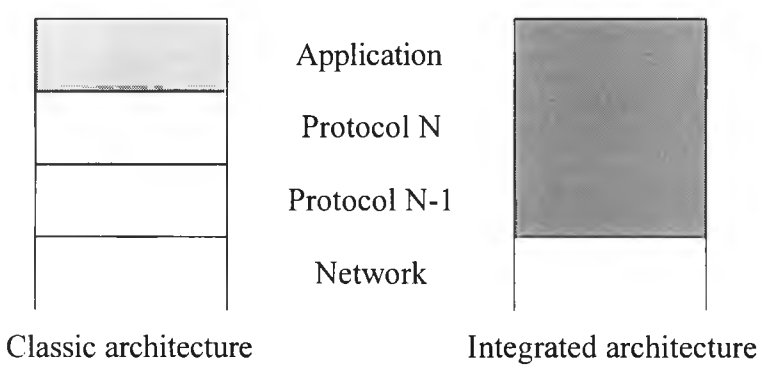
การประสานความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ทั้งสามส่วนร่วมกับกระบวนการควบคุมการส่งผ่านข้อมูลจะทำให้ได้โพรโทคอลในชั้นขนส่งที่มีความสามารถในการตอบสนองความต้องการของอุปกรณ์การประยุกต์แบบต่างๆได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดและข้อจำกัดของอุปกรณ์การประยุกต์นั้นๆด้วย ตัวอย่างของโพรโทคอลที่สามารถสร้างได้จากการกำหนดพารามิเตอร์ดังกล่าวและอุปกรณ์การประยุกต์ที่เหมาะสมได้แก่

- การส่งแบบเรียงลำดับ น่าเชื่อถือ และไม่ทันที: โพรโทคอลนี้มีลักษณะคล้ายกับการให้บริการของทีซีพี และเหมาะสมกับอุปกรณ์การประยุกต์เช่น เกณฑ์วิธีขนส่งแฟ้มข้อมูล หรือ เอฟทีพี (File Transfer Protocol; FTP) และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์
- การส่งแบบเรียงลำดับ น่าเชื่อถือ และไม่ทนต่อเวลาหน่วง: โพรโทคอลนี้มีลักษณะการส่งข้อมูลเอดียูแบบเวลาจริง อุปกรณ์การประยุกต์สำหรับธนาคารและตลาดหลักทรัพย์จะใช้โพรโทคอลในลักษณะนี้
- การส่งแบบไม่เรียงลำดับ น่าเชื่อถือบางส่วน และไม่ทนต่อเวลาหน่วง: โพรโทคอลนี้เหมาะสมกับอุปกรณ์การประยุกต์สำหรับเครื่องเล่นวีดิทัศน์ (Video players)
- การส่งแบบไม่เรียงลำดับ น่าเชื่อถือ และไม่ทันที: โพรโทคอลนี้เป็นรูปแบบของทีซีพีในสถาปัตยกรรมเอแอลเอฟซึ่งข้อมูลที่ถูกส่งมีความน่าเชื่อถือ แต่เอดียูแต่ละหน่วยอาจถูกส่งไปยังปลายทางไม่เรียงตามลำดับ โพรโทคอลนี้เหมาะสมอย่างยิ่งกับอุปกรณ์การประยุกต์ที่ใช้ในการส่งข้อมูลภาพผ่านระบบอินเทอร์เน็ต

- การส่งแบบไม่เรียงลำดับ ไม่น่าเชื่อถือ และไม่ทันที: โพรโทคอลนี้เป็นโพรโทคอลที่สมมูลกับยูดีพี
- การส่งแบบเรียงลำดับ น่าเชื่อถือบางส่วน และไม่ทนต่อเวลาหน่วง: โพรโทคอลนี้เหมาะสมกับอุปกรณ์การประยุกต์สำหรับการประชุมทางวีดิทัศน์

### *4.4 การรวมกระบวนการควบคุมการส่งผ่านข้อมูลเข้ากับอุปกรณ์การประยุกต์*

หลักการสำคัญของเอแอลเอฟข้อหนึ่งคืออุปกรณ์การประยุกต์จะทำหน้าที่ควบคุมการส่งผ่านข้อมูล เนื่องจากอุปกรณ์การประยุกต์รู้ดีว่าควรจะทำอย่างไรเมื่อเอดียูสูญหาย หรือเมื่อได้รับเอดียูไม่เรียงตามลำดับการส่ง การที่อุปกรณ์การประยุกต์จะสามารถทำหน้าที่ควบคุมการส่งผ่านข้อมูลดังกล่าวได้ เกิดจากการรวมกระบวนการสื่อสารเข้ากับส่วนของอุปกรณ์การประยุกต์ให้เป็นหน่วยเดียวกัน ซึ่งทำให้การควบคุมและการประสานการส่งผ่านข้อมูลผ่านโครงข่ายสื่อสารทำได้จากการสั่งการของอุปกรณ์การประยุกต์ตามความเหมาะสม รูปที่ 4.2 แสดงแผนภาพตัวอย่างการรวมส่วนควบคุมการส่งผ่านข้อมูลเข้ากับอุปกรณ์การประยุกต์




รูปที่ 4.2 การรวมส่วนควบคุมการส่งผ่านข้อมูลเข้ากับอุปกรณ์การประยุกต์

ชุดของกระบวนการควบคุมการส่งผ่านข้อมูลจากต้นทางไปยังปลายทางจะถูกเลือกให้เหมาะสมกับเอดียูแต่ละประเภท แล้วจึงถูกรวมเข้ากับหน่วยควบคุมของอุปกรณ์การประยุกต์ ดังนั้นระบบสื่อสารจะประกอบด้วยส่วนสำคัญสองส่วน ได้แก่

- โพรโทคอลของโครงข่าย
- อุปกรณ์การประยุกต์และระบบการสื่อสาร

สถาปัตยกรรมเอแอลเอฟในลักษณะดังกล่าวมีคุณสมบัติต่างๆที่เพิ่มประสิทธิภาพของการส่งผ่านข้อมูล ได้แก่

- การลดจำนวนครั้งในการติดต่อระหว่างโพรโทคอล เนื่องจากจำนวนโพรโทคอลที่เกี่ยวข้องกับการส่งผ่านข้อมูลมีน้อยลง เพราะโพรโทคอลการสื่อสารได้ถูกรวมเป็นหน่วยเดียวกันกับอุปกรณ์การประยุกต์แล้ว
- ข้อมูลถูกหน่วงเวลาเนื่องจากการส่งผ่านระหว่างโพรโทคอลลดลง เนื่องจากการเชื่อมต่อระหว่างโพรโทคอลมีน้อยลง เพราะจำนวนโพรโทคอลมีน้อยลง
- การแลกเปลี่ยนข่าวสารของระบบ (เช่นค่าคุณภาพการให้บริการ (Quality-of-Service; QoS), ค่าพารามิเตอร์ในการส่งผ่านข้อมูล, ค่าคุณลักษณะของโครงข่าย, ฯลฯ) ทำได้ง่ายขึ้น และอุปกรณ์การประยุกต์สามารถจัดการกับการบริการที่ระดับโครงข่ายได้โดยตรง เนื่องจากอุปกรณ์การประยุกต์มีการเชื่อมต่อโดยตรงกับโพรโทคอลของโครงข่าย