

Cambiamento tecnologico localizzato e reti di telecomunicazioni.

L'interazione tra regolamentazione ed evoluzione della tecnologia

di Cristiano Antonelli

1. Introduzione

Il dibattito sull'assetto istituzionale dell'industria dei servizi delle telecomunicazioni ha raramente tenuto nella dovuta considerazione l'analisi delle conseguenze di interventi che agiscono sulla struttura di mercato e sulle condizioni di profitto relativo degli agenti al tempo t , sui caratteri dei cambiamenti tecnologici che sono suscettibili di essere introdotti sul mercato al tempo $t+1$. Eppure esiste un forte legame causale tra cambiamenti nella regolamentazione e cambiamenti nella struttura industriale. Questi ultimi possono, a loro volta, riflettersi sulla tecnologia e attivare ulteriori cambiamenti della struttura di mercato.

In questo quadro è evidente che gli elementi che incidono sul cambiamento tecnologico, quando se ne sappia apprezzare il carattere endogeno e i forti effetti recursivi sulla configurazione dei mercati, debbano essere analizzati prima che sia introdotto qualsiasi tipo di regolamentazione. Diversamente molti studi recenti di economia delle telecomunicazioni e della regolamentazione sembrano dare per acquisite ipotesi di esogeneità e di neutralità del cambiamento tecnologico nonostante esse siano state completamente respinte dall'economia del cambiamento tecnologico.

Durante gli ultimi vent'anni l'economia del cambiamento tecnologico è divenuta un corpo di analisi ben consolidato. Si è specializzata nello studio dei fattori che determinano la velocità e la direzione del cambiamento tecnologico e nell'analisi degli effetti dell'introduzione di nuove tecnologie. In questo ambito due elementi sembrano ormai acquisiti: 1) il cambiamento tecnologico non può essere considerato un processo esogeno determinato da fattori estranei all'analisi economica. Al contrario, si sostiene che la velocità e la di-

Ringraziano i fondi locali e nazionali del MURST per il sostegno economico, Robin Mansell e Ed Steinmueller per i dettagliati commenti a versioni preliminari di questo lavoro.

reazione del cambiamento tecnologico siano quanto meno influenzate da un certo numero di fattori di natura economica. 2) Il cambiamento tecnologico non è neutro e indifferenziato, ovvero non si può assumere che i suoi effetti si distribuiscano equamente su tutti gli agenti del sistema economico. Al contrario, la sua introduzione induce forti asimmetrie tra agenti ed è largamente responsabile del loro comportamento differenziato.

Queste acquisizioni sono condivise da molti economisti. Tuttavia, in una delle più affascinanti aree dell'economia, l'economia delle telecomunicazioni, nella quale il cambiamento tecnologico è stato ed è tuttora all'origine dei profondi mutamenti delle condizioni dell'attività economica e della condotta degli agenti, si possono trovare analisi che accolgono le vecchie impostazioni tradizionali relative all'esogenità e alla neutralità del cambiamento tecnologico. È piuttosto usuale trovare analisi che si incentrano sul ruolo del cambiamento tecnologico inteso come fattore esogeno in grado di alterare profondamente l'organizzazione dell'industria, e di indurre sostanziali mutamenti istituzionali quali la disgregazione del sistema Bell e la Divesiture; mentre poca attenzione si presta alle conseguenze dei cambiamenti di regolamentazione sulla velocità e sulla direzione del cambiamento tecnologico¹.

In particolare assistiamo, con crescente preoccupazione, a una serie di regolamentazioni introdotte nell'industria delle telecomunicazioni con l'intento di imitare il funzionamento dei mercati. Tali interventi ignorano tuttavia l'importanza della funzione dei mercati nello stimolare, introdurre, selezionare, adottare e diffondere nuove tecnologie. In questo senso ci pare di poter affermare che l'economia della regolamentazione sia in gran parte costretta in un'analisi statica che non è in grado di tenere conto della sostanziale circolarità che lega gli effetti della struttura dei mercati all'eventuale introduzione e alla riuscita adozione di nuove tecnologie. Se introduciamo nell'analisi il concetto di *feed-back* osserviamo che, al fine di elaborare regolamentazioni efficaci, si devono considerare questioni di efficienza dinamica molto più complesse di quelle che possono essere affrontate in un modello di analisi statica e semplicistica, per quanto possa apparire raffinata, delle condizioni che portano all'efficienza allocativa.

Lo scopo principale di questo saggio è di integrare gli sviluppi

¹ Costituiscono eccezioni rilevanti i contributi di Brock [1994], Noam [1992 e 1994a,b], Rosenberg [1994], Temin [1987], e specialmente Ithiel De Sola Pool [1983].

dell'economia dell'innovazione e del cambiamento tecnologico nell'analisi economica dell'evoluzione dell'industria dei servizi delle telecomunicazioni e di dimostrare che il cambiamento tecnologico dovrebbe essere annoverato tra i fattori endogeni del cambiamento. Il cambiamento è alimentato dall'interazione tra i caratteri specifici della tecnologia, dell'assetto istituzionale e dell'organizzazione industriale del settore considerato.

2. I caratteri strutturali dell'industria delle telecomunicazioni

Una rete di telecomunicazioni può essere definita come un insieme di funzioni di produzione complementari e limitatamente separabili. La funzione di profitto di ciascuna unità di una rete di telecomunicazioni è caratterizzata da consistenti esternalità sia dal lato della domanda che da quello dell'offerta. All'interno delle reti di telecomunicazione, l'evoluzione della domanda e dell'offerta presenta aspetti complessi che possono influire notevolmente sul carattere delle innovazioni tecnologiche.

2.1. L'offerta

Dal punto di vista dell'offerta una rete di telecomunicazioni può essere analizzata come un sistema tecnologico composto da almeno quattro elementi²: 1) un sotto-sistema di distribuzione costituito da collegamenti di trasmissione a corto raggio che collegano ciascun utente con un centro comune di commutazione; 2) un'attrezzatura di commutazione che consente di minimizzare il numero di collegamenti diretti tra utenti; 3) un sotto-sistema di trasmissione che unisce diverse unità di commutazione; 4) un sotto-sistema di segnalazione che, dal punto di vista amministrativo e organizzativo, facilita l'avviamento del flusso di transito.

Queste quattro funzioni sono altamente complementari per il fatto che esse mirano al raggiungimento di un obiettivo comune: la comunicazione. Dalla varietà dei contenuti della comunicazione emerge una ulteriore considerazione rilevante: una rete di telecomunicazioni opera in condizioni di elevata complementarità tra differenti forme di comunicazione e quindi può offrire all'utente servizi multi-

² In realtà, possiamo aggiungere un quinto elemento se si presta attenzione all'attrezzatura che si trova presso i clienti.

mediali strettamente correlati. In questo contesto, la rete delle telecomunicazioni può essere ricondotta alla classica analisi della «filiera» ovvero un sistema verticalmente integrato di attività produttive strettamente complementari, ma non necessariamente centralizzate in un unico impianto³.

Una tale descrizione delle reti di telecomunicazione, dal lato dell'offerta, tende a due obiettivi:

i) dimostrare, da un lato, le peculiarità di questo sistema tecnologico, soprattutto in termini di alti livelli di complementarità e interdipendenza tra le differenti funzioni e le differenti forme di comunicazione;

ii) ricordare che la stessa descrizione con pochi adattamenti, si potrebbe facilmente applicare a una varietà di industrie e settori che, pur nell'ambito di una «filiera» come ad esempio accade tipicamente nell'industria tessile, si basano su una pluralità di imprese che con alti livelli di complementarità di funzioni e di prodotti operano in condizioni di concorrenza su mercati intermedi e finali aperti.

L'organizzazione industriale e l'assetto istituzionale della «filiera», espressi dall'architettura strutturale della rete, e dal ruolo e dall'importanza relativa di ciascuna funzione nella rete, dipendono dai classici fattori tecnici di (in)divisibilità e (s)proporzionalità i quali determinano situazioni di rendimenti crescenti. Si tratta di:

- 1) economie tecniche di scala;
- 2) economie pecuniarie di scala;
- 3) economie di varietà ed esternalità dell'offerta;
- 4) economie di densità e il ruolo dei costi non recuperabili.

Continuando l'analisi dell'offerta da un punto di vista strettamente tecnico, possiamo immaginare la rete di telecomunicazioni come una filiera organizzata in modi diversi che dipendono dalla specificazione della tecnologia⁴. Possiamo individuare sette modelli ideali.

1) In un caso estremo la tecnologia ha caratteristiche tali da rendere l'indivisibilità e la sproporzionalità pervasive e molto incisive. Qui le quattro funzioni base si concentrano formando un processo di produzione unico e integrato. Tale processo è gestito da un unico agente: la «filiera» si riduce ad un'unica impresa che opera in quattro differenti industrie. In questo contesto si smarrisce la nozione stessa delle singole industrie poiché queste non possono essere tecnicamente

³ Per una definizione del concetto di filiera ed una sua applicazione all'analisi del cambiamento tecnologico cfr. Antonelli, Petit e Tahar [1992].

⁴ Limiteremo la nostra analisi a considerazioni tecniche senza alcun riferimento, in questa sede, all'analisi dei costi di transazione né a problemi di organizzazione.

separate. In questo caso si rinvergono tutti i tipici esempi di rendimenti crescenti: i costi non recuperabili e le economie di densità e di scala che ne derivano favoriscono la concentrazione orizzontale in un unico impianto che copre tutta la produzione. Le economie di varietà operano inoltre in favore dell'integrazione laterale in un unico impianto che produce differenti prodotti.

La tecnologia qui gioca un ruolo fondamentale: indivisibilità e sproporzionalità favoriscono le concentrazioni verticali e orizzontali; il risultato è, naturalmente, il monopolio «naturale». Ci sembra importante evidenziare fin da ora che il monopolio potrà essere considerato naturale solo in quanto la tecnologia sia a sua volta considerata esogena e statica. Quando, invece, ammettiamo l'ipotesi che la tecnologia possa essere il risultato voluto della strategia tecnologica di una impresa, il concetto stesso di monopolio naturale viene messo in discussione. La comparazione tra tecnologie alternative è essenziale.

2) La tecnologia qui è «perfetta»⁵: non vi è traccia di indivisibilità e di sproporzionalità. In questo caso estremo, dove non ci sono economie di scala, né economie di varietà e costi non recuperabili e, di conseguenza, ciascun impianto efficiente può avere dimensioni molto ridotte, la «filiere» può assumere il tipico carattere di industria concorrenziale verticalmente disintegrata. Ciascuna industria è organizzata come un sistema di piccoli impianti monofunzionali condotti da imprese indipendenti. Ciascuna impresa gestisce un solo impianto che svolge una sola funzione. Per un dato livello di equilibrio della domanda esistono tante imprese di distribuzione, commutazione, trasmissione e segnalazione che si sviluppano secondo la dimensione minima efficiente imposta dalla tecnologia. Quindi si avrà una «filiere» composta da imprese indipendenti che scambiano i loro prodotti su mercati che sono sia intermedi che finali⁶.

⁵ Perfetta per condurci verso l'ottimo paretiano della teoria dell'equilibrio generale.

⁶ Questo linguaggio un po' involuto è finalizzato a rendere conto delle specificità delle telecomunicazioni e tuttavia a far risaltare le possibili affinità di questa industria rispetto alle altre. Con una tale «perfetta» tecnologia, la differenza fra l'industria delle telecomunicazioni e, per esempio, l'industria tessile, articolata in varie piccole imprese specializzate che filano, tessono, e rifiniscono il prodotto e collaborano collettivamente su mercati concorrenziali, quindi consegnano il tessuto all'industria dell'abbigliamento, spesso nell'ambito di forme di collaborazione diretta basate sul terzismo e quindi sullo scambio di servizi anziché di prodotti, potrebbe facilmente divenire molto meno marcata di quanto non si ritenga comunemente. Infatti, l'analisi dell'organizzazione di altre

Molte piccole imprese di trasmissione, distribuzione, commutazione e segnalazione competono su un mercato in cui i clienti sono sia «utenti specializzati» che richiedono servizi di trasmissione o segnalazione, sia utenti intermedi che necessitano degli stessi servizi per ottenere un risultato più complesso da offrire in forma di servizio articolato in una serie di servizi specializzati. Le comunicazioni a lunga distanza costituiscono un esempio di prodotto che richiede la cooperazione di numerosi servizi specializzati: nel caso più semplice due imprese di commutazione, una o più imprese di trasmissione, una o più imprese di segnalazione.

Tra i due casi estremi di piena divisibilità e perfetta proporzionalità e piena indivisibilità e forte sproporzionalità possiamo considerare almeno cinque casi intermedi.

3) Quando la tecnologia configura una situazione in cui le economie di scala e i costi non recuperabili siano comunque rilevanti, e le economie di varietà siano assenti: allora le quattro industrie potranno rimanere distinte ma si concentreranno orizzontalmente in una sola grande impresa specializzata che possa appropriarsi di tutti i benefici dei rendimenti crescenti che derivano dalla produzione di un prodotto specializzato quale i servizi di trasmissione, commutazione, segnalazione o distribuzione.

4) Può darsi un caso in cui le economie di scala siano meno pervasive: per un dato assetto tecnologico le economie di scala possono essere rilevanti nella trasmissione e nella segnalazione, mentre possono mancare nelle attività di commutazione e di distribuzione. Si tratta di una situazione esternamente significativa perché apre il vaso di Pandora delle relazioni di mercato verticali: grandi imprese concentrate, uniche produttrici di servizi di trasmissione e segnalazione affronterebbero su mercati verticali molte piccole imprese di commuta-

«filiera», ovvero di industrie caratterizzate da un sistema complesso di mercati intermedi, potrebbe essere utile a molti economisti che si occupano delle telecomunicazioni. Non sembra fuori luogo ricordare che spesso, imprese tessitrici o rifinitrici del prodotto «vendono» ad imprese filatrici i loro servizi di tessitura e rifinitura. Di conseguenza, vediamo mercati di servizi di produzione dove stadi intermedi di un dato prodotto finale vengono eseguiti da terzi su base contrattuale. Nell'Italia centrale l'organizzazione di questo mercato è spesso resa possibile dalla figura di un'operatore specializzato particolare come il famoso «impannatore», cioè un «integratore di sistema» che aiuta la domanda e offerta di servizi molto specifici a incontrarsi sul mercato. Vedi Antonelli, Petit e Tahar [1922] per l'analisi dell'industria tessile e Noam [1994] per la nozione di integratore di sistema.

zione e distribuzione. Si può osservare come possa facilmente crearsi una pressione monopsonistica.

5) Consideriamo ora il caso in cui le economie di varietà siano importanti e le economie di scala irrilevanti. In questa situazione l'organizzazione del mercato, sempre per condizioni di domanda date e statiche, sarebbe caratterizzata da una pluralità di imprese multifunzionali in grado di gestire tutte le funzioni. La rete di telecomunicazioni sarebbe formata da una varietà di piccole imprese multifunzionali integrate che operano su base regionale. Ancora una volta la rilevanza delle economie di varietà non è necessariamente presente in tutti i servizi di telecomunicazione: vedremo quindi imprese diversificate attive sia nella commutazione che nella segnalazione, o nella trasmissione e nella distribuzione, ma non necessariamente attraverso tutto lo spettro delle funzioni complementari che compongono la comunicazione.

6) Ricordiamo inoltre l'importante ruolo dell'elasticità incrociata dei costi all'interno delle quattro funzioni. La loro distinzione, infatti, riflette un dato assetto tecnologico. Se ammettiamo che la tecnologia possa cambiare drasticamente, si può facilmente supporre che due o più funzioni possano riunirsi con una funzione identificata. Per esempio, quando i costi di trasmissione sono molto elevati, le comunicazioni a lunga distanza possono essere organizzate come un sistema di trasferimento diretto da un centro di commutazione all'altro. Al contrario quando i costi di trasmissione sono molto bassi, rispetto a quelli di commutazione, ciascun utente può essere direttamente collegato con tutti gli altri.

7) Infine la questione della separabilità della tecnologia ha un ruolo particolarmente importante: quando la non separabilità tra funzioni di telecomunicazione è rilevante abbiamo forze tecnologiche che portano all'integrazione della produzione di differenti funzioni all'interno di un «impianto» o di un'«impresa». Quando la non separabilità tra una o più funzioni della telecomunicazione e la produzione di beni non correlati è importante, l'organizzazione della «fiera» può essere formata da una pluralità di imprese diversificate che operano su specifici sottoinsiemi, secondo gli effetti specifici delle loro economie di varietà. Quindi, possiamo avere imprese CATV che si occupano di distribuzione o imprese di elaborazione dati che svolgono funzioni di segnalazione. Tutto ciò è ancora più rilevante se consideriamo che la separabilità/non separabilità tra funzioni è determinata tanto dal disegno dell'architettura strutturale che dalla specificazione degli standard di interoperabilità, quanto dalle caratteristiche di cia-

scun dato elemento tecnologico in un dato momento. L'analisi della convenienza di ciascun elemento della rete non può essere cioè separato dall'analisi della complessità strutturale della rete nella sua globalità⁷.

2.2. La domanda

La domanda di servizi di telecomunicazioni è un ambito di osservazione privilegiato per lo studio del ruolo fondamentale delle esternalità di rete. È noto che, in un gran numero di casi, l'utilità di ciascun utente di una rete di telecomunicazioni è influenzata positivamente dal numero degli altri utenti. Le tristi condizioni del primo utilizzatore del servizio di telecomunicazioni sono infatti normalmente evitate. Le esternalità di rete hanno due importanti conseguenze.

In primo luogo, quando sia la posizione che l'inclinazione della curva di domanda risentono delle conseguenze positive delle esternalità di rete, i prezzi di equilibrio, in ogni tipo di struttura di mercato e per una data curva di offerta inclinata positivamente (come accade in condizioni di costi crescenti nel lungo periodo), saranno più elevati del prezzo di equilibrio individuato da curve di domanda che non riflettono gli effetti delle esternalità da domanda. Quando i mercati sono meno che perfetti, e quindi assume rilevanza la nozione di ricavo marginale, la sussistenza di prezzi più alti sarà evidente anche con rendimenti costanti e addirittura crescenti e quindi con curve di offerta orizzontali o negativamente inclinate. Quindi speciali gruppi di clienti che siano caratterizzati da livelli molto più bassi di esternalità da domanda dovranno pagare prezzi più alti di quelli praticati in mercati segmentati dove la loro domanda effettiva viene correttamente considerata senza alcuna assunzione inappropriata circa il ruolo delle esternalità da domanda.

In secondo luogo, in mercati oligopolistici le imprese possono sviluppare strategicamente gli effetti delle esternalità di rete al fine di accrescere i ricavi tramite una strategia di servizio universale, oppure per trarre vantaggio dalle esternalità di rete in termini di profitto. In entrambi i casi le imprese oligopolistiche attueranno una discrimina-

⁷ Appare sempre più evidente che il carattere sistemico di una rete di telecomunicazioni e più in generale delle nuove tecnologie di informazione impone la rilevanza di analisi di carattere strutturale e, quindi, mostra i limiti di analisi che apprezzano solo le caratteristiche individuali di singoli elementi di una rete o di comportamenti individuali di attori attivi in singoli segmenti di una rete.

zione di prezzo. Nel secondo caso la discriminazione di prezzi permette all'impresa di appropriarsi del surplus del consumatore. Nel primo caso la discriminazione di prezzi permette di raggiungere fasce più ampie di consumatori (riluttanti) attraverso tariffe preferenziali, aumentando tuttavia l'utilità degli utenti intramarginali⁸. Le perdite subite nel sostenere i consumatori marginali sono comunque compensate dalla discriminazione dei prezzi applicata a sfavore degli utenti intramarginali. Le condizioni di servizio pubblico universale che hanno tradizionalmente vincolato l'azione gli operatori nelle telecomunicazioni impediscono di attuare discriminazioni orizzontali di prezzi per utilizzatori di servizi omogenei. Da ciò deriva la nota pratica di discriminazione verticale dei prezzi, fondata su tariffe elevate per i servizi a lunga distanza e su tariffe più contenute per servizi di comunicazione locale.

Le connessioni tra i fattori delle esternalità di rete e le convenzioni di servizio pubblico orizzontale hanno creato una situazione di mercato del tutto peculiare con forti opportunità di entrata selettiva, basate su innovazioni di prodotto e di processo ben definite, per vettori specializzati per i quali i costi marginali sono molto più bassi dei prezzi.

Tuttavia le esternalità di rete non dovrebbero essere date per scontate, specialmente quando si considerano servizi di telecomunicazioni diversi da quelli basilari. Una crescente varietà di servizi avanzati di telecomunicazioni infatti ha come obiettivo particolari categorie di utenti, la cui utilità non aumenta al crescere del numero degli altri utilizzatori. L'identificazione degli utilizzatori che non siano sensibili all'influenza delle esternalità di rete dei servizi di telecomunicazione dovrebbe essere considerata, a sua volta, come il risultato di strategie intenzionali tendenti a determinare innovazioni di prodotto, perseguite da imprese che programmano di entrare nel mercato dei servizi di telecomunicazione.

2.3. Rete di telecomunicazioni e cambiamento tecnologico

I sette modelli ideali di organizzazioni industriali appena illustrati riflettono chiaramente la varietà di assetti che risultano dalle relazioni tra costi assoluti e costi relativi dei singoli componenti la rete. I costi

⁸ A patto che l'aumento dell'utilità generato dall'ingresso di utenti aggiuntivi compensi i costi aggiunti pagati da consumatori intramarginali al fine di consentire la fornitura di servizi agli utenti marginali.

assoluti e quelli relativi a loro volta rispecchiano le condizioni della tecnologia che non possiamo considerare come un elemento dato da un agente esogeno oppure come il risultato incidentale di scoperte scientifiche. Vorremmo sottolineare a questo punto che, al contrario, la nostra analisi avrà per oggetto le ipotesi per la quali la tecnologia è, in ogni momento, il risultato dell'azione intenzionale degli agenti coinvolti nel processo di produzione e viene localizzata dalla loro azione⁹.

Dalla nostra analisi dovrebbe apparire chiaro che l'introduzione di ciascuna innovazione tecnologica, localizzata dall'insieme di circostanze differenziate quali le opportunità di mercato e di tecnologia, le competenze, le abilità acquisite e le opportunità di apprendimento che caratterizzano ciascuno degli operatori attivi nei segmenti complementari e interdipendenti che formano la rete di telecomunicazioni, sia dal lato dell'offerta che da quello della domanda, può influenzare, probabilmente in modo radicale, sia la struttura globale della rete che l'equilibrio tra il ruolo e il peso di ogni funzione e ogni impresa.

Per questa ragione la struttura globale di una rete risulta fortemente influenzata dalla commistione complessa di fattori in continua evoluzione:

a) solo quando i costi di trasmissione, di distribuzione e di commutazione sono elevati e vi sono rendimenti crescenti legati al volume del traffico è vantaggioso costituire una rete strettamente integrata;

b) se con nuove tecnologie i costi unitari di trasmissione divengono molto bassi, l'incentivo a costruire un sistema di trasmissione *punto a punto* aumenta;

c) se con nuove tecnologie i costi unitari di distribuzione sono molto bassi e non sono facilmente influenzati dal volume del traffico, può essere interessante costituire una serie di collegamenti diretti tra utenti vicini¹⁰;

d) se con nuove tecnologie il costo unitario di commutazione scende significativamente, potrebbe essere interessante costruire reti basate su sistemi di commutazione e sull'interconnessione di reti specializzate;

e) se con nuove tecnologie i costi di segnalazione scendono rapidamente al crescere del volume del traffico, allora è interessante costituire una rete integrata;

⁹ Si fa qui riferimento alla nozione di cambiamento tecnologico localizzato sviluppata in Antonelli [1995].

¹⁰ L'introduzione di innovazioni quali i LAN (Local Area Networks) e i MAN (Metropolitan Area Networks) corrisponde esattamente a questo caso.

f) se gli effetti delle esternalità da domanda non sono adeguatamente valutati per ben identificati gruppi di clienti, nuove tecnologie di segmentazione della rete diventano allettanti.

3. Il cambiamento tecnologico localizzato nelle telecomunicazioni

3.1. Il modello

Possiamo ora spiegare in modo dettagliato il nostro schema interpretativo e le ipotesi di lavoro. Il cambiamento tecnologico non può essere considerato il risultato neutro di forze esogene. Il cambiamento tecnologico dovrebbe essere considerato:

- a) il risultato di strategie intenzionali di agenti, inseriti nelle circostanze di tempo e di luogo che vincolano il loro comportamento;
- b) un fattore che influenza asimmetricamente le condizioni di costo e la condotta di mercato sia degli operatori che già si trovano sul mercato sia di quelli che desidererebbero entrarvi.

Seguendo questo quadro generale possiamo sviluppare in modo più specifico le nostre ipotesi:

i) i cambiamenti tecnologici nelle industrie delle telecomunicazioni possono essere qualificati secondo i loro effetti sulle condizioni dei costi e ricavi delle imprese che li introducono;

ii) i cambiamenti tecnologici nelle industrie delle telecomunicazioni sono il risultato di strategie tecnologiche rivali messe in atto dai differenti gruppi di imprese nel perseguimento della loro politica di mercato e nell'affinamento della loro capacità tecnologica specifica e localizzata.

La tecnologia, secondo il nostro modello e le nostre ipotesi, è, in ogni momento, il risultato di strategie intenzionali degli agenti, concepite per una data struttura di mercato e per una data capacità tecnologica. Quindi ogni regolamentazione che cambi oggi i caratteri della struttura di mercato dovrebbe preoccuparsi non solo delle conseguenze che si esplicano sulla stessa struttura di mercato nel breve periodo, cioè per condizioni tecnologiche date e statiche, ma dovrebbe occuparsi anche delle conseguenze tecnologiche che potranno emergere nel lungo periodo, quando si origineranno e si introdurranno nuove tecnologie localizzate. In questo contesto l'introduzione di nuove tecnologie è suscettibile di alterare in modo significativo l'architettura e l'organizzazione della rete.

Quando accogliamo l'idea che il cambiamento tecnologico sia endogeno e localizzato nell'insieme di circostanze in cui ciascuna impresa agisce, notiamo che l'introduzione e la riuscita diffusione di ciascuna innovazione possono essere il risultato: *i*) della possibilità di disporre di conoscenza tecnologica generica; *ii*) delle opportunità di apprendimento accumulate nello specifico ambiente tecnico; *iii*) della strategia intenzionale dei differenti agenti e *iv*) dei caratteri della struttura di mercato e dei prezzi relativi dei prodotti alternativi e dei fattori di produzione. Per questa ragione possiamo pensare che l'assetto di una rete di telecomunicazione al tempo t sia il risultato dell'interazione, in un mercato e in un contesto tecnologico dati, delle strategie tecnologiche dei differenti agenti al tempo $t-1$. A sua volta la struttura di mercato è data al tempo $t-1$, ma in effetti è essa stessa il risultato delle strategie tecnologiche degli agenti al tempo $t-2$. In conclusione l'evoluzione di una rete, e più in generale, di ogni sistema tecnologico, può essere vista come un processo *path-dependent* di introduzione e adozione di cambiamenti tecnologici localizzati dove le strategie intenzionali di una pluralità di attori interagiscono tra loro e con gli effetti del comportamento passato.

Ognuna delle più importanti innovazioni tecnologiche introdotte nell'industria delle telecomunicazioni, in effetti ha modificato la forma e la consistenza dei rendimenti crescenti e della complementarità tra le differenti componenti di una rete e, di conseguenza, ha influenzato la composizione tecnica e organizzativa e la posizione relativa di mercato di ciascun operatore della rete. Per questa ragione ogni innovazione merita di essere pensata come il risultato dell'impegno localizzato di ben definiti gruppi di agenti, i quali operano per modificare le loro tecnologie e, conseguentemente, il loro ruolo all'interno della rete, i loro mercati e la loro redditività.

3.2. Una classificazione dei principali cambiamenti tecnologici

L'analisi delle più importanti innovazioni tecnologiche introdotte nell'industria dei servizi delle telecomunicazioni nel secondo dopoguerra ci permette di individuare sette classi.

1) *Tecnologie centripete che accrescono la rilevanza delle economie di scala e delle economie di densità*

1.1. I sistemi di cavi coassiali, introdotti nel 1946, si componevano di quattro coppie di cavi coassiali e avevano una capacità totale di 1.800 circuiti vocali a due vie. Il cavo coassiale ridusse sensibilmente i costi di trasmissione ed ebbe importanti conseguenze in termini di

rendimenti crescenti soprattutto per ciò che riguarda le economie di densità e le economie di varietà nell'attività di commutazione. Grazie alla potenza di trasmissione dei nuovi cavi la capacità dei centri di commutazione poté essere sfruttata in modo migliore.

1.2. Sistemi di transistor L4 nei ripetitori, introdotti nel 1967, permisero di potenziare la capacità di trasmissione dei cavi coassiali e portarono a 32.400 i circuiti a due vie attraverso 11 paia di cavi coassiali. L'ultima generazione di ripetitori L5, introdotta nel 1979, aumentò la capacità di trasmissione fino a 132.000 circuiti vocali a due vie e utilizzò i circuiti integrati nei ripetitori. I suoi effetti centripeti erano ancora più forti di quelli esercitati dalla tecnologia L4.

1.3. Commutazione digitale, introdotta nel 1968. La commutazione digitale permise di spartire la capacità di trasmissione tra molti utenti diversi convertendo ciascun segnale in un formato digitale e combinando quindi i segnali digitali nel tempo (*time division multiplexing*) e accrescendo in questo modo la centralizzazione del sistema di commutazione.

1.4. Fibre ottiche, introdotte alla fine degli anni '70. Un fascio di fibre ottiche convoglia due *giga-bits*, equivalenti a 30.000 circuiti telefonici. Un sistema di trasmissione a fibre ha dozzine di fasci di fibre in ciascun cavo. La forte contrazione dei costi di produzione delle fibre sperimentata nel corso degli anni '80 e soprattutto gli enormi aumenti di capacità delle fibre ottiche rafforzano la rilevanza di economie di scala pecuniarie e economie di densità. Dopo la formazione della rete gli incentivi ad aumentare il volume del transito sono molto forti: i costi medi continuano a scendere e i costi marginali continuano a rimanere al di sotto dei costi medi con una pendenza negativa elevata.

1.5. La rete intelligente, introdotta verso la fine degli anni '80. La rete intelligente può essere considerata una innovazione radicale nella segnalazione che costituisce la quarta funzione di produzione rilevante all'interno di una rete. La rete intelligente agisce radicalmente sui caratteri del processo di produzione e conduce ad importanti economie di scala, di densità e di varietà. Le reti intelligenti, infatti, sono formate da sistemi compatti e non separabili di computer avanzati e sistemi di software che svolgono tre funzioni distinte e originariamente indipendenti: *i*) regolano il flusso del transito all'interno della rete; *ii*) contemporaneamente eseguono la fatturazione che costituisce una voce di costo fondamentale per i vettori delle telecomunicazioni; *iii*) ed infine, forniscono una varietà di servizi avanzati come ad esempio il *follow me* o il *voice messages*.

La rete intelligente è in grado di offrire in modo centralizzato,

all'interno della rete, tutti i servizi che vengono forniti, su reti virtuali o locali, da centralini di utente situati presso i clienti. Quindi la rete intelligente consente agli operatori delle reti centralizzate di reagire alla concorrenza promossa da reti specializzate e virtuali, offrendo i medesimi servizi innovativi su tutta la rete e a costi molto inferiori. A causa dell'alto contenuto di *know-how* e di software su cui la rete si poggia, i costi medi della rete intelligente sono profondamente influenzati da costi non recuperabili anticipati. Inoltre maggiore è il numero dei sistemi installati, minori saranno i costi di acquisto. Di conseguenza gli operatori delle reti più ampie sopportano costi unitari minori di quelli delle reti meno estese.

Infine, dato che le reti intelligenti possono gestire una grande varietà di flussi di comunicazioni, siano essi dati, voci o immagini, esse offrono importanti opportunità di appropriarsi dei vantaggi delle economie di varietà. L'operatore di una rete multimediale ha costi minori di quelli di un operatore di una rete specializzata.

2) *Tecnologie segmentali che riducono il ruolo delle esternalità di rete*

2.1. Comunicazioni da computer a computer, introdotte nei primi anni '60. Tali comunicazioni furono introdotte dalla IBM al fine di consentire la manutenzione a distanza di computer di grandi dimensioni. Le comunicazioni di dati, specialmente nei primi stadi, erano usate soprattutto per collegare gli stabilimenti ai centri direttivi al fine di rendere più efficienti i processi di produzione e aumentare la capacità di coordinamento nelle grandi imprese. La comunicazione di dati ebbe due effetti rilevanti. In primo luogo, le esternalità di rete non erano affatto significative per le comunicazioni di dati all'interno delle imprese. In secondo luogo, la domanda derivata di servizi di telecomunicazioni da parte delle imprese aumentò considerevolmente. Questo segmento di domanda aveva un'elasticità del prezzo molto contenuta perché i costi opportunità di non usare i servizi erano già, per molti versi, tecnologicamente inaccettabili mentre gli effetti delle telecomunicazioni avanzate sulla competitività e sulla quota di mercato delle imprese e, di conseguenza, sulla produzione erano molto forti. Inoltre, l'elasticità dei ricavi era molto elevata anche a causa degli effetti della diffusione, ancora in corso, del sistema delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione nel suo complesso.

3) *Tecnologie centrifughe che riducono la rilevanza delle economie di scala tecniche e delle economie di densità e tecnologie specializzanti che riducono il ruolo delle economie di varietà delle telecomunicazioni multifunzionali*

3.1. Sistemi di microonde radio introdotti nel 1950. I sistemi a microonde avevano una portata limitata e riducevano drasticamente i

livelli degli investimenti fissi e, di conseguenza, i costi non recuperabili e le economie di densità. I sistemi a microonde consentirono, nel 1972, l'entrata sul famoso tratto St. Louis-Chicago della Microwave Communications Inc. (MCI)¹¹.

3.2. Customer Premises Equipment (CPE) avanzati, introdotti nei primi anni '70. Il CPE permise di localizzare presso le strutture dei clienti una considerevole porzione delle capacità intelligenti dei servizi di commutazione, in modo da segmentare la rete e consentire accessi specializzati.

3.3. Centrex, introdotti nei primi anni '80. Una modularizzazione dei centri di commutazione che permetteva di personalizzare e dedicare la capacità di commutazione a grandi utilizzatori, aggirando la rete generale.

3.4. Satelliti geostazionari, introdotti nella metà degli anni '70. La tecnologia di questi satelliti aveva un vantaggio di costo rispetto ai cavi coassiali, grazie alla maggiore portata in termini di volume con costi fissi più contenuti. Soprattutto, la tecnologia geostazionaria consentiva la riduzione degli effetti delle economie di scala e della densità nella trasmissione. Infine, nelle regioni a bassa densità di collegamenti i satelliti fornivano una radicale opportunità di evitare completamente le infrastrutture terrestri. L'avvento delle fibre ottiche, comunque, ha spiazzato quasi completamente l'uso dei satelliti geostazionari nelle reti di telecomunicazioni. I satelliti geostazionari sono usati ora prevalentemente per le trasmissioni radio-televisive a lunga distanza.

3.5. Telefonia cellulare. Un sistema di comunicazione senza cavi usato estensivamente per le comunicazioni mobili, che divide una regione geografica in cellule, usa trasmettitori a bassa potenza all'interno di ogni cellula e riutilizza le stesse frequenze di trasmissione in cellule non contigue. La telefonia cellulare richiede la costituzione di una nuova rete di cellule e quindi comprime drasticamente le economie di varietà delle infrastrutture esistenti. La rapida crescita della tecnologia cellulare, specialmente per ciò che concerne l'uso più efficiente delle frequenze, ha creato concrete possibilità di sostituire alle reti fisse, quelle cellulari. In molti paesi della OECD, nei primi anni '90, la rete cellulare copre l'80% dell'area geografica e con tale densità

¹¹ Vedi Brock [1994]: «MCI era una nuova impresa fondata dall'imprenditore Jack Goeken. Goeken propose un limitato sistema a microonde dal costo di circa mezzo milione di dollari che avrebbe avuto una portata minore di molti sistemi privati. Goeken riteneva di aver bisogno di ottenere 35 utenti per raggiungere il punto di pareggio e presentò una relazione di ricerca in cui concludeva che aveva buone possibilità di ottenere da 58 a 204 clienti».

di utenti i costi medi fissi della rete possono essere considerati quasi trascurabili.

3.6. Low Orbit Satellites (LEO), in corso di introduzione nella metà degli anni '90. I LEO sono satelliti progettati per collegamenti a punto fisso, indicati soprattutto per le comunicazioni tra telefoni cellulari. Secondo molti si può dire che nelle comunicazioni tra telefoni cellulari non si avrà rivalità tecnologica tra i LEO e le fibre ottiche [Giget 1994].

3.7. Personal Communication Networks (PCN), introdotte verso la metà degli anni '90. Le PCN forniscono un accesso diretto senza cavi attraverso cellule a basso potenziale analoghe a quelle usate nella telefonia cellulare. Il loro effetto è comunque misto: da un lato esse superano il sistema di distribuzione terrestre in modo da poter pensare ad una nuova generazione di impianti avanzati localizzati presso i clienti; dall'altro esse riducono le dimensioni delle cellule aumentando le economie di varietà e densità con le esistenti infrastrutture terrestri di commutazione e trasmissione [Johnson 1994].

4. *Tecnologie integranti che aumentano il ruolo delle economie di varietà interfunzionali nelle tecnologie della telecomunicazione*

4.1. Divisioni di commutazione a tempo digitale. Aumentano la capacità di commutazione e, grazie alla maggiore potenza e velocità, possono essere utilizzate sia per la comunicazione vocale che per quella di dati.

4.2. Integrated Services Data Network e Broadband Integrated Services Data Network (ISDN e B-ISDN), introdotti alla fine degli anni '80. ISDN e B-ISDN sono reti integrate multiservizi e multifunzione che forniscono un'ampia serie di servizi che include voce, dati e immagini (B-ISDN); queste, combinate con la tecnologia di commutazione ATM e i sistemi di segnalazione delle reti intelligenti, permetterebbero di riunire in una rete universale di grandi dimensioni, gestita e programmata da un organismo centrale, la fornitura di differenti servizi a differenti gruppi di clienti.

4.3. Asynchronous Transfer Mode (ATM), introdotto nei primi anni '90. ATM è una nuova tecnologia per la commutazione e la trasmissione contemporanea sulla stessa onda (multiplex), progettata per le telecomunicazioni multiservizi ad ampio raggio.

4.3. Asymmetrical Digital Subscriber Line (ADSL), introdotta nella metà degli anni '90. ADSL è una tecnologia che permette di condurre servizi ad alta velocità multipli e simultanei attraverso il doppio esistente, aumentando notevolmente il potenziale delle reti di rame installate. La capacità è dedicata, per la maggior parte, alla distribuzione di immagini agli utenti.

5) *Tecnologie diversificanti che aumentano il ruolo della diversificazione nei servizi di telecomunicazioni da parte di imprese attive in altri mercati non precedentemente correlati*

5.1. Fibre ottiche. Grazie alla grande capacità di trasmissione, sia in termini di volumi che di velocità, esse possono gestire una grande varietà di differenti servizi di comunicazioni che comprendono la comunicazione di dati e di immagini. Nella tecnologia delle fibre ottiche si sono avuti enormi progressi con un forte incremento dell'efficienza nella produzione di cavi a fibre ottiche che a sua volta ha reso possibile l'integrazione dei servizi televisivi e telefonici. Esiste ora la reale possibilità di sostituire o, quanto meno, affiancare una rete di telecomunicazioni ad una rete televisiva terrestre. Il traffico che le fibre ottiche possono sostenere è infatti tale (centinaia di canali televisivi ad alta velocità e migliaia di linee telefoniche ad alta velocità) che è molto allettante l'offerta integrata dei due servizi. Comunque, la distinzione tra telecomunicazioni e televisione non è più necessaria. La forte convergenza tecnologica suggerisce due interessanti modalità di comportamento per le due classi di agenti: *i*) integrare completamente la televisione e le reti di telecomunicazioni in impianti di distribuzione con modesti livelli della dimensione minima efficiente così da creare molte singole reti multifunzionali; *ii*) la compresenza di una rete telefonica specializzata concorrente, sia per la distribuzione che per la trasmissione, con una rete di televisione e di telecomunicazioni multiuso.

5.2. Tv interattiva, introdotta nella metà degli anni '90. La Tv interattiva spinge ancora verso la fusione tra le telecomunicazioni e la radiodiffusione. Essa può essere, infatti, considerata come una tecnologia complementare alle fibre ottiche che fornisce soprattutto nuova forza al ruolo economico delle esternalità di rete quando si considera l'effetto dei costi non recuperabili nella pubblicità.

3.3. Interpretazione

Il gruppo di innovazioni introdotte negli anni '50 e '60 rispecchia perfettamente le condizioni tecnologiche della telefonia dagli anni '20 fino alla fine degli anni '60: cioè, il monopolio naturale «perfetto» riflette chiaramente gli sforzi del monopolista naturale di riprodurre ed estendere le condizioni del monopolio attraverso l'introduzione di nuove tecnologie che accrescessero il ruolo delle economie di scala, dei costi non recuperabili e delle economie di varietà relative alle funzioni interne alle telecomunicazioni.

All'inizio degli anni '70, in realtà, la direzione dei cambiamenti tecnologici nei servizi delle telecomunicazioni entrò in una nuova fase. La nuova fase portò l'assetto istituzionale e l'organizzazione dell'industria, fino ad allora consolidati, ad una rapida obsolescenza. L'avvento dell'elettronica, come chiaramente evidenziano gli esempi finora raccolti, è stato uno dei fattori principali nel rapido avvicinarsi delle innovazioni tecnologiche introdotte negli anni '70 e in parte degli anni '80, ma non è certamente di per sé l'unico fattore di un processo centrifugo unilineare. Infatti, la tecnologia elettronica ha anche reso possibile l'introduzione di innovazioni come l'ATM o l'Intelligent Network della fine degli anni '80 che, d'altro canto, ripropongono ancora una volta un ruolo centripeto per (nuovi) monopolisti.

Il nuovo grappolo di cambiamenti tecnologici, introdotto nell'industria dei servizi delle telecomunicazioni a partire dalla fine degli anni '60 e fino alla metà degli anni '80, possiede tutti i caratteri del risultato di un processo innovativo localizzato formatosi attorno a nuove opportunità tecnologiche e di mercato e importanti, sebbene forse non intenzionali, cambiamenti di regolamentazione.

La comunicazione di dati può essere considerata, allo stesso tempo, come all'origine di una nuova opportunità tecnologica e di un nuovo mercato. L'introduzione della comunicazione di dati può considerarsi un chiaro esempio di un'innovazione di processo nella tecnologia dei computer, che successivamente divenne innovazione di prodotto nell'industria dei servizi delle telecomunicazioni, che a sua volta generò una spinta verso la segmentazione della domanda globale e la frammentazione finale dell'industria. Specialmente nei primi stadi, la comunicazione di dati riguardava gruppi ristretti di imprese utenti molto grandi che avevano bassi livelli di esternalità di rete ed erano, invece, molto sensibili agli alti livelli delle tariffe sulla lunga distanza a causa dei loro grandi volumi di traffico. Il meccanismo di messa a fuoco tecnologico (*focussing device*), in questo caso, è offerto dalle opportunità intrinseche di entrata selettiva che quasi necessariamente fanno parte integrante dei mercati caratterizzati da esternalità di rete. La segmentazione della domanda globale in nicchie e l'identificazione di classi di clienti che hanno di per sé bassi livelli di esternalità da domanda, senza alcun effetto sul lato dei costi, offrirono nuove e importanti opportunità di mercato. Il loro sfruttamento diede spazio a nuovi prodotti e nuovi mercati che per di più possono essere considerati Pareto-superiori. L'introduzione di nuovi mezzi di comunicazione, quali i sistemi di comunicazione di dati dedicati, rese di fatto possibile identificare meglio le necessità effettive di alcuni importanti e crescenti gruppi di clienti.

Le pressioni di clienti importanti, sempre più scontenti delle alte tariffe pagate ai vettori delle telecomunicazioni in seguito alla crescita dei livelli di comunicazione di dati, possono essere considerate uno dei maggiori fattori responsabili delle ondate di innovazione tecnologica che spinse verso la segmentazione e specializzazione della rete in un insieme di reti caratterizzate da un fine specifico.

La famosa sentenza della Corte d'Appello che costrinse l'AT&T a fornire il collegamento per l'Execunet Service della MCI può essere vista come uno dei più potenti fattori che alimentarono questo processo di cambiamento evolutivo¹². La sentenza della Corte d'Appello, di fatto, aprì la strada all'introduzione di ulteriori cambiamenti tecnologici segmentati e centrifughi che a loro volta esercitarono una spinta favorevole a successivi cambiamenti di regolamentazione.

Lo sfruttamento tecnologico dello spazio hertziano e delle frequenze radio costituisce la base tecnologica del nuovo sistema tecnologico che costruisce sui primi sviluppi già iniziati negli anni '40 nel campo delle microonde. Si può ritenere che la tecnologia delle microonde sia il punto di partenza di un crescendo di innovazioni incrementali che hanno portato all'introduzione di una famiglia di tecnologie cellulari, ora estese al Digital Communication System 1800 e ulteriormente sviluppate dalla tecnologia PCN che, unita ai Low Orbit Satellites, promette di fornire una rete universale multifunzionale che sia pienamente capace di aggirare le strutture terrestri fisse. Qui il meccanismo di messa a fuoco del progresso tecnologico è dato dallo sfruttamento sempre più intenso di una classica risorsa limitata come lo spettro di frequenza. La traiettoria è chiaramente costruita intorno all'impegno di ridurre l'ambito geografico e la grandezza delle cellule e tuttavia aumentare la loro potenza attraverso l'uso di tecniche di compressione digitale.

A partire dalla metà degli anni '80, un terzo gruppo di nuove tecnologie è gradatamente emerso intorno a innovazioni tecnologiche centripete ed integrative quali ISDN e BISDN, ATM e Intelligent Network. In particolare, la tecnologia della segnalazione sembra essere in continua evoluzione. Il concetto di rete intelligente appare sempre più promettente, specialmente per le sue implicazioni in termini di riduzione dei costi di gestione della rete. Questa nuova applicazione della tecnologia digitale, tuttavia, favorisce il ricorso a soluzioni centralizza-

¹² Vedi Brock [1994]: «I programmi della MCI dipendevano dalla possibilità di raccogliere il transito di utenti più piccoli attraverso le strutture telefoniche già esistenti, trasportarlo per una certa distanza sulla rete a microonde della MCI, e poi distribuire il transito a utenti minori attraverso la rete esistente».

te non solo per la gestione dei problemi amministrativi (essenzialmente la fatturazione), ma anche per problemi tecnici connessi alla direzione del transito (commutazione, *routing*) e all'offerta di servizi sempre più avanzati (*follow me* o *answering phone networks*).

Una rete intelligente offre vari servizi avanzati usando una comune tecnologia di base costituita da una potente configurazione di computer integrata da software particolarmente avanzati. Una rete intelligente, quindi, offre tutte le caratteristiche tipiche di una tecnologia con elevati rendimenti crescenti a causa dei forti effetti delle economie di scala e di varietà, così come delle economie di densità. Installato il software che rende la rete intelligente, investito quindi il capitale necessario alla sua installazione, con la quasi totale assenza di costi variabili, i costi medi scendono in modo irreversibile. I costi medi scendono ulteriormente con l'aumento del transito perché il volume di ogni servizio aumenta insieme alla gamma dei servizi, e in aggiunta a questi fattori troviamo gli ovvi effetti cumulati nel tempo. I costi per unità in una grande rete intelligente sono inferiori a quelli in una piccola rete intelligente, se sono state costituite nello stesso momento.

Una rete intelligente può essere usata in maniera vendicativa da parte di un singolo vettore di grandi dimensioni. La rete intelligente può essere usata al fine di «aggreddire» i servizi offerti da reti private (le reti *follow me* e *answering phone* possono chiaramente venir organizzate attraverso quadri di comando installati nel domicilio dell'utente). Una tale rete, infatti, sarà in grado di sfruttare il suo vantaggio concorrenziale e offrire un servizio di qualità superiore rispetto a molti servizi basati su reti private, sia virtuali che infrastrutturali.

Il secondo aspetto dei nuovi, radicali cambiamenti tecnologici introdotti dall'industria dei servizi di telecomunicazione è costituito dal duplice effetto che l'introduzione e la diffusa adozione di fibre ottiche può determinare. Le fibre ottiche sono infatti caratterizzate da un'enorme capacità e da elevati costi fissi. Di conseguenza, l'adozione generalizzata di fibre ottiche diviene un fattore di costi non recuperabili e di barriere all'entrata e quindi di riduzione di concorrenza nella fornitura di servizi di telecomunicazioni [Stiglitz 1987]. Paradossalmente, il loro effetto si manifesta sempre più sulla trasmissione a lunga distanza negli Stati Uniti, dove alcune analisi sembrano indicare la crescente convenienza di concentrare l'offerta nelle mani di un solo vettore [Huber 1992].

Tuttavia le fibre ottiche, che forniscono da un lato l'opportunità di sfruttare importanti economie di scala ed economie di densità nella trasmissione, dall'altro lato sono suscettibili di produrre forti econo-

mie di varietà per terzi tradizionalmente impegnati in altre industrie di comunicazioni. È dunque probabile che a causa dell'introduzione delle fibre ottiche si sviluppi una forte concorrenza fra agenti eterogenei.

Le imprese di servizi delle telecomunicazioni, quanto meno in Europa, possono infatti divenire vettori di portata anche più generale che forniscono una vasta gamma di servizi delle comunicazioni, che spaziano dalle comunicazioni a voce alle comunicazioni di dati, dalla radio-trasmissione passiva alle nuove promesse della televisione interattiva. Tuttavia, le imprese di CATV possono anche entrare nei mercati dei servizi delle telecomunicazioni aggiungendo alle loro possibilità (potenziali) di comunicazione altri servizi un tempo non collegati, quali la telefonia a voce.

Qui, le decisioni delle Autorità di regolamentazione possono imprimere una forte spinta verso l'evoluzione dell'industria e quindi della tecnologia. È infatti chiaro che ogni mutamento nella regolamentazione dell'ingresso nei mercati della radio-tele-diffusione da parte di vettori delle telecomunicazioni e, per le imprese di CATV, nei servizi delle telecomunicazioni, avrà forti probabilità di produrre effetti sulle tecnologie che saranno generate ed adottate. La riuscita introduzione della tecnologia ADSL rafforzerebbe ulteriormente questa tendenza a causa della possibilità per i vettori delle telecomunicazioni di usare i vecchi cavi di rame per trasmettere immagini di buona qualità e divenire quindi di fatto radio-tele-diffusori. La ricerca nell'ambito della tecnologia ADSL è un chiaro esempio di un'innovazione tecnologica intenzionalmente perseguita con sforzi sistematici da parte degli agenti che forniscono servizi di telecomunicazioni al fine di inserirsi nei mercati della radio-tele-diffusione.

Le nuove tecnologie che si stanno introducendo negli anni '90 sembrano destinate a ridefinire globalmente l'impianto istituzionale elaborato negli Stati Uniti durante gli anni '80. Ciò conferma che nessuna nozione statica di equilibrio può essere utilizzata in questa industria come del resto in molte altre. Questa affermazione dovrebbe stimolare l'analisi a comprendere quali siano i possibili collegamenti fra lo stato di cose passato e presente, e il futuro comportamento degli attori. In questo contesto, l'introduzione di cambiamenti tecnologici è uno dei più efficaci meccanismi di proiezione del passato nel futuro.

Quando si cerca di esplorare gli elementi determinanti della nuova fase di cambiamento tecnologico, si possono elencare tre importanti classi di fattori:

- 1) i nuovi usi della comunicazione di dati, ora diffusi a categorie di utenti molto più ampie che includono negozi e piccole imprese

se, famiglie e servizi professionali, stanno cambiando completamente il ruolo delle esternalità di rete così come si erano sviluppate nei primi anni '70. Agli inizi degli anni '70, la comunicazione di dati era circoscritta ai centri direttivi di grandi imprese, mentre, a partire dalla metà degli anni '90, la comunicazione di dati sta divenendo una necessità standard di comunicazione per i consumatori di massa. Il bisogno di un accesso generalizzato alla comunicazione di dati ed eventualmente alla televisione interattiva sta emergendo come una nuova caratterizzazione della domanda, e ciò conduce ad un nuovo interesse a condizioni di accesso universale e quindi alle esternalità da domanda¹³.

2) L'introduzione della telefonia cellulare e dell'attrezzatura periferica (CPE) è stata in molti casi il risultato di strategie aggressive di innovazione di prodotto da parte dei fornitori di nuove attrezzature ed ha permesso l'ingresso nell'industria degli apparati per le telecomunicazioni, il livello massimo della «filiera», di una serie di nuove imprese che hanno notevolmente ridotto la quota globale di mercato del forte gruppo di imprese già presenti, tradizionalmente unite alle imprese di servizi da legami di integrazione verticale formali ed informali. Si può allora considerare l'introduzione del nuovo gruppo di tecnologie centripete come il risultato di una strategia tecnologica localizzata delle imprese già operanti sul mercato, sia nell'industria degli apparati, che in quella dei servizi, mirata a far fronte alla nuova concorrenza e ad aumentare la competitività di reti universali e quindi la domanda derivata di apparati, la quale era più prossima, in termini di opportunità di apprendimento, di abilità acquisite, e di ambiti di competenza, ai loro campi tradizionali di attività.

3) La concorrenza sui servizi a lunga distanza accompagnata alla crescita esplosiva della domanda di comunicazione di dati provocò di fatto meno danni agli operatori tradizionali di quanto molti avessero previsto. La continua crescita di servizi di comunicazione di dati infatti spinse la curva di domanda così marcatamente a destra per l'intrecciarsi degli effetti dell'elasticità ai ricavi e della diffusione, che i mercati accomodarono facilmente tutta la nuova offerta. Questo non è, come si può prevedere, il caso del mercato del traffico locale. Qui, al contrario, il netto aumento delle tariffe, causato dalla ridotta mu-

¹³ Da questo punto di vista si vede allora come l'introduzione del MINITEL da parte di France Telecom, già all'inizio degli anni '80 possa essere considerata un'innovazione del tutto coerente con la strategia di un grande vettore di rete universale per riproporre i vantaggi della rete universale anche a fronte delle nuove condizioni di mercato e di tecnologia determinate dalla telematica.

tualità fra chiamate interurbane e locali, ha minato la crescita della domanda che non veniva compensata dagli effetti dell'elasticità di reddito e di ricavo. L'erosione della domanda da parte della telefonia mobile può inoltre essere considerata come un incisivo fattore di riduzione delle prospettive di crescita dei mercati di servizi di telecomunicazione locale. In questo contesto, l'introduzione di cambiamenti tecnologici che consentano di mantenere il controllo della rete e di far fronte all'ingresso di nuovi concorrenti dal mercato adiacente di CATV può considerarsi come una delle migliori possibilità di strategia tecnologica che le imprese con una solida posizione sul mercato delle chiamate locali possano elaborare. Non sembra dunque un caso che gran parte delle innovazioni tecnologiche centripete sia stata realizzata a partire dalla metà degli anni '80 dalle Regional Bells Operating Companies.

Quest'analisi della velocità e direzione dei cambiamenti tecnologici introdotti nell'industria dei servizi delle telecomunicazioni a partire dagli anni '50 consente di apprezzare il carattere localizzato del cambiamento tecnologico, il ruolo importante dei diversi insiemi di circostanze, delle opportunità tecnologiche e di mercato, delle esperienze e delle abilità acquisite da ciascun attore. Quindi, si può mettere in rilievo il ruolo positivo giocato dal pluralismo tecnologico. Quanto più estesa è la varietà di agenti indipendenti, tanto più vaste saranno le opportunità di generare nuove tecnologie. Il pluralismo tecnologico dovrebbe diventare un obiettivo di un'attività di regolamentazione che prenda in considerazione la nozione di efficienza dinamica.

4. Conclusioni ed implicazioni per la regolamentazione

Questo studio rappresenta un primo contributo all'analisi del cambiamento tecnologico nelle reti delle telecomunicazioni, basato sulla metodologia della *path-dependence* e della localizzazione del cambiamento tecnologico elaborata nell'analisi economica del cambiamento tecnologico.

L'architettura delle reti di telecomunicazione è fortemente influenzata dalla tecnologia che determina l'importanza relativa delle economie di scala, di densità, di varietà e delle esternalità da domanda che influiscono su ciascuna delle componenti funzionali della rete: cioè, trasmissione, commutazione, distribuzione, e segnalazione.

A seconda della caratterizzazione delle tecnologie si può configurare un'ampia gamma di reti: da reti di reti pluralistiche a reti centralizzate. Laddove solo la trasmissione è caratterizzata da forti econo-

mie di scala, la rete sarà pluralistica con una pluralità di imprese monofunzionali quasi indipendenti di distribuzione e commutazione collegate ad un medesimo sistema di trasmissione. Quando la distribuzione presenta rilevanti economie di varietà, si avranno reti pluralistiche basate su reti specializzate che alimentano sistemi locali di distribuzione multifunzionali. Quando la commutazione avviene a basso costo, si può pensare ad una rete geodetica in cui tutti i punti di inserimento sono direttamente collegati l'uno all'altro con un gran numero di centri locali di commutazione. Quando tutte le funzioni di costo di tutte le componenti della rete mostrano gli effetti di rendimenti crescenti, la rete centralizzata ripropone le condizioni classiche del monopolio naturale.

Non solo l'architettura della rete, centralizzata o pluralistica, ma anche i rapporti organizzativi fra le unità che esplicano ogni funzione specializzata, che sia di mercato o gerarchica, possono venire influenzati anche dalle condizioni di regolamentazione: specialmente i livelli delle tariffe di accesso e le condizioni di interoperabilità e interconnettività che determinano la possibilità di effettuare collegamenti ed operazioni interne al sistema da parte di operatori indipendenti, esercitano un ruolo dominante nello stabilire la tipologia delle reti. La regolamentazione ed i cambiamenti tecnologici interagiscono nella definizione del raggio d'azione di ogni agente nella rete. Tuttavia, manca ancora un quadro di riferimento per l'analisi di tale interazione¹⁴.

Dieci anni fa, Ithiel De Sola Pool suggerì che la strada da seguire potesse essere fornita dalla combinazione di libertà di entrata e interconnessione obbligatoria (*mandated interconnection*) sia in senso verticale sia orizzontale fra reti specializzate locali e reti universali. L'interconnessione obbligatoria, infatti, è in grado di stimolare una serie di iniziative imprenditoriali ed esperimenti sociali, mentre al tempo stesso permette ad un sistema sociale di mantenere i vantaggi dell'inte-

¹⁴ La regolamentazione delle telecomunicazioni affronta il problema fondamentale di come e se sia appropriato generalizzare il vincolo del servizio pubblico, introdotta quando nella telefonia vi era un monopolio naturale, alla nuova e più vasta gamma delle industrie delle telecomunicazioni, informazioni e comunicazioni. Da una parte, si ritiene che questo incrementerebbe di molto i costi con il rischio di rallentare la velocità del cambiamento tecnologico e ridurre i potenziali vantaggi generati dall'ingresso di nuove imprese nella nuova industria delle comunicazioni. Dall'altra, sta diventando sempre più chiaro che per le reti specializzate è vantaggioso integrarsi con reti generali al fine di sfruttare le economie di varietà e densità che derivano dall'uso ripetuto nel tempo, dall'aumento di quantità e quindi dall'aumento di transito in un'infrastruttura caratterizzata da alti costi di installazione e da una vita tecnica ed economica relativamente lunga. Vedi Kahn [1988] e Spulber [1989].

grazione e dell'accesso senza razionare le condizioni d'uso dell'informazione.

La pluralità di imprese può essere costruita all'interno delle reti di telecomunicazioni da una varietà di mezzi, ammesso che un'efficace autorità normativa promuova la concorrenza. Quando, sia dal lato dell'offerta che da quello della domanda, si presentano condizioni di debole divisibilità delle funzioni di produzione e di utilità, e quindi acquistano rilevanza le esternalità tecniche e di domanda, sia fra servizi di telecomunicazioni, che fra servizi ed infrastrutture, diviene possibile riunire la loro produzione in un'unica impresa e così ottenere economie di varietà, ma diviene anche possibile gestire le esternalità attraverso la regolamentazione dei prezzi di interconnessione¹⁵. Anche quando esistono economie di scala, la pluralità è possibile con una produzione concentrata in un'unica infrastruttura: imprese che operano su reti virtuali che fanno affidamento su condizioni di interconnessione obbligatoria e simmetrica, utilizzano i servizi intermedi forniti da una sola rete fisica, possono entrare e competere [Williamson 1985].

Queste argomentazioni sono ancora più evidenti nel caso della telefonia cellulare. Si è già dimostrato che le reti mobili possono essere gestite da unità indipendenti, sempre che l'interconnessione sia chiaramente definita in termini di:

- i) condizioni di accesso transitivo (comunicazioni da reti fisse a cellulari e viceversa) e costi relativi,
- ii) condizioni di transito e costi relativi,
- iii) condizioni per l'uso dei sistemi di segnalazione e costi relativi,
- iv) i criteri di assegnazione dello spettro e relativi costi.

Più in generale, quando nella rete la pluralità degli operatori sia perseguita come un obiettivo della regolamentazione e le condizioni di interconnessione e interoperabilità, sia fra le reti che sulle reti, sono definite chiaramente, emerge un nuovo modello di rete: la rete di reti¹⁶. La rete di reti permette lo sfruttamento sia dei vantaggi della specializzazione che dei rendimenti crescenti determinati dalle econo-

¹⁵ Si veda Antonelli [1994a] per un'analisi formale del rapporto tra esternalità e economie di varietà.

¹⁶ La nozione «rete di reti» deriva da vari studi di Eli Noam. Vedi Noam [1992; 1994a; 1994b]. A questo punto intendiamo qui contribuire a questa nozione evidenziando i vantaggi dinamici della rete di reti rispetto all'introduzione di cambiamenti tecnologici.

mie di scala, densità e varietà sul lato dell'offerta, sia delle esternalità di rete sul lato della domanda¹⁷.

Da un punto di vista più dinamico, la rete di reti può favorire tanto le forze centrifughe quanto quelle centripete che abbiamo analizzato ed identificato. Inoltre l'adozione del modello della rete di reti potrebbe contribuire a stimolare la diffusione di ulteriori innovazioni tecnologiche ed organizzative nell'architettura delle reti di telecomunicazioni. Tuttavia, ciò che più importa sono i vantaggi dinamici che la rete di reti potrebbe offrire se accettassimo l'idea che la stessa introduzione dei mutamenti tecnologici sia endogena e localizzata. Quanto più ampia è la varietà tecnologica delle imprese e quindi quanto più ampio sarà lo spettro delle scelte tecnologiche che si possono sfruttare al fine di generare ulteriori cambiamenti tecnologici, tanto maggiore sarà l'efficienza dinamica della rete.

Tenendo presenti queste considerazioni, l'obiettivo di un'agenzia di regolamentazione nazionale dovrebbe essere quello di favorire la formazione di una rete di reti che strutturi l'interazione di imprese che operano nelle infrastrutture delle comunicazioni e nella fornitura di servizi di comunicazioni e informazioni. Il modello della rete di reti si fonda su un numero di imprese che sono tecnicamente e organizzativamente complementari e compatibili sia in termini orizzontali che verticali. All'interno della rete di reti, le imprese operano su di una varietà di mercati differenziati che non hanno alcuna barriera all'entrata in termini di accesso differenziato ai beni intermedi primari come i servizi di infrastrutture di base. La proprietà dell'infrastruttura della rete sarebbe caratterizzata infatti dalla non-esclusività.

Si può considerare la rete di reti come una struttura integrata e tuttavia pluralistica di reti specializzate e complementari, che possono essere virtuali e/o infrastrutturali. Poiché i diritti di proprietà su ogni sezione della rete non sono esclusivi, si possono considerare interconnessione, accesso e uso alla stregua di fattori di produzione intermedi che dovrebbero essere offerti ad ogni fornitore di servizi nei mercati

¹⁷ Naturalmente INTERNET fornisce l'esempio migliore per dare sostegno empirico all'ipotesi della rete di reti. Qui, l'interfaccia fra le reti è stata fornita dal «World Wide Web» o «W3», un programma di software che permette la connessione di software differenti, recentemente realizzato per le immagini dal MOSAIC. Pare utile ricordare che INTERNET fornisce anche un esempio di rete di reti che funziona e cresce grazie al servizio gratuito di collegamento fra una rete e l'altra, i cui costi sono sostenuti dal governo federale.

dei consumatori finali o delle imprese. Pertanto, alcuni clienti potrebbero essere imprese di servizi in concorrenza con i loro stessi fornitori di servizi intermedi.

I principi della proprietà non esclusiva e dell'interconnessione obbligatoria¹⁸, insieme alla libertà di entrata e la ricerca di una compatibilità tecnica ed organizzativa *ex ante*, fondata rispettivamente sulla standardizzazione¹⁹ e sulla regolamentazione, dovrebbero incoraggiare la formazione a partire dal basso, di una rete avanzata multitecnologica che includa una varietà di sistemi di distribuzione locali multifunzionali, sistemi di trasmissione via cavo, satelliti e fibre, tecnologie di segnalazione basate su sistemi di rete intelligente. La rete di reti dovrebbe così evitare la formazione di posizioni dominanti e il rinnovarsi di monopoli innaturali.

La formazione spontanea, dal basso, di una rete di reti richiede un intervento vigoroso nella forma di regolamentazioni che definiscano i costi e le condizioni di accesso ad ogni sezione della rete e stabiliscano i parametri di compatibilità ed entrino nel merito dei processi di standardizzazione, se non nella definizione stessa degli standard²⁰.

La definizione di tariffe di interconnessione universali e non discriminatorie renderebbe possibile la selezione di casi in cui le innovazioni dei prodotti consentano la creazione effettiva di nuovi prodotti di comunicazioni che siano oggettivamente più convenienti, almeno in termini di costi produttivi in senso stretto, rispetto al costo incrementale per quel servizio reso dalla rete universale, e di innovazioni che rendano possibile fornire servizi specializzati a categorie di clienti meglio identificate senza abbassare i livelli effettivi dei costi. È chiaramente determinante la trasparenza della contabilità della rete rispetto alle condizioni di costo effettivo delle singole funzioni al fine di comprendere chiaramente fino a che punto i prezzi inferiori dell'innovazione di un prodotto come le microonde, dipendano dalla migliore specificazione e adesione alle necessità degli utenti e/o da costi produttivi minori.

¹⁸ Per un'eccellente analisi della connessione obbligatoria vedi Schankerman [1994].

¹⁹ Vedi l'importante analisi di Brock [1994] sul ruolo svolto dalla standardizzazione obbligatoria del «customer premises equipment» (CPE) per mettere in atto la decisione del Computer II: «Stabiliti gli standard dell'interfaccia e data ai clienti la possibilità di acquistare CPE sul mercato aperto, era facile sostenere che il rapporto fra CPE e il servizio telefonico fosse paragonabile al rapporto fra lampadine elettriche e il servizio di fornitura elettrica».

²⁰ Si veda Antonelli [1994b] per un'analisi degli effetti dei processi di standardizzazione sui mercati.

In conclusione, ci può essere una varietà di possibili architetture per una rete di reti che si può collocare in un punto fra i casi estremi di:

i) un'architettura con una gamma di reti multimediali di distribuzione regionale indipendenti e monopolistiche collegate a molte reti di trasmissioni a lunga distanza e, attraverso queste, collegate ad una varietà di reti cellulari e di reti virtuali;

ii) un'architettura in cui vi sia concorrenza a livello locale fra reti multimediali collegate ad un numero limitato di reti di distribuzione a lunga distanza e di reti virtuali.

In entrambi i casi, è chiaro che ci sarà concorrenza fra imprese nella rete di reti. Infatti, ci sarà sempre concorrenza fra reti cellulari e reti virtuali e, se vi è un certo numero di reti multimediali, ci sarà anche concorrenza a livello locale.

iii) Un'architettura caratterizzata da imprese specializzate orizzontalmente, per cui le imprese complementari sono compatibili con l'esistenza continuata di imprese diversificate che operano in più di una sezione della rete. In questo modo, le imprese diversificate potrebbero eventualmente gestire reti cellulari così come reti che si basano sulle fibre ottiche o, come nel caso classico, reti di distribuzione, reti di trasmissione e sistemi intelligenti di commutazione.

Infatti, è possibile sostenere che la concorrenza all'interno della rete di reti potrebbe condurre ad una diretta rivalità fra imprese specializzate in ciascun settore della rete e fra imprese diversificate che operano in più di una sezione. La misura in cui ha luogo questa concorrenza e i suoi risultati possono essere utilizzati per indicare realisticamente le caratteristiche delle relative economie di varietà e, quindi, per identificare quale strategia specifica sia più competitiva ed efficiente. Inoltre, la proprietà non esclusiva e l'interconnessione obbligatoria significano che non è più necessario esprimere riserve *ex ante* sull'integrazione verticale fra gli operatori di servizi e gli operatori di reti. I differenti operatori di rete, sia infrastrutturali che virtuali, saranno infatti in grado di offrire servizi avanzati sulla rete, ma ciò non impedirà alle imprese specializzate nella fornitura di servizi di utilizzare l'infrastruttura messa a disposizione dalle imprese integrate, come ad esempio i fornitori obbligati di servizi intermedi, in modo che essi possano offrire i loro vari prodotti complementari e rivali.

Poiché il modello di rete di reti dà rilievo alla complementarità e alla compatibilità fra sezioni della rete e garantisce il diritto all'interconnessione fra reti e fra sezioni di una rete, sembra rappresentare una soluzione organizzativa ed istituzionale particolarmente appropriata per introdurre elementi di varietà tecnologica, flessibilità e con-

correnza nel sistema delle reti tradizionali che sono state a lungo caratterizzate da un monopolio monotecnologico.

In conclusione, è possibile sostenere che il modello della rete di reti offra le condizioni migliori per la trasformazione dell'attuale struttura del sistema di telecomunicazione in una struttura flessibile in grado di adattarsi alle volte agli stimoli prodotti dall'evoluzione della domanda e tecnologia.

In una tale situazione, la regolamentazione ha importanza strategica. La complementarità fra segmenti della rete di reti, spesso caratterizzata da rendimenti crescenti, richiede una forte regolamentazione delle condizioni di interconnessione mirata ad evitare una politica di prezzi predatori e di sovvenzioni incrociate, ben oltre gli obiettivi di servizi universali che devono essere discussi pubblicamente e conosciuti.

In questo contesto, la determinazione di prezzi minimi di interconnessione che consentono il finanziamento del servizio universale appare come un obbligo al quale tutti gli agenti nella vasta gamma delle industrie delle comunicazioni dovrebbero sottostare. I prezzi minimi di connessione potrebbero essere determinati in base alle condizioni dei costi medi dei differenti fornitori in modo da tenere in considerazione gli effetti positivi dell'introduzione delle innovazioni di processo che riducono i costi, e favorire, in ciascun segmento della rete, l'entrata di «imitatori» e di ulteriori innovatori oltreché l'uscita degli attori meno efficienti. I prezzi minimi di connessione diverrebbero di conseguenza una componente fissa ed omogenea della funzione di costo totale di tutte le imprese attive nelle industrie delle comunicazioni a valle²¹.

L'emergere di un nuovo mercato dei servizi di accesso in cui la definizione dei prezzi e delle condizioni di connessione sia guidata dall'interazione fra una pluralità di fornitori e clienti, come accade in molti mercati di fattori di produzione intermedi, sembrerebbe essere il principale risultato dell'azione di una moderna autorità di regolamentazione. La regolamentazione *price cap* e, più in generale, la regolamentazione dei prezzi dei servizi finali sembra aver perso l'impor-

²¹ Infatti, si potrebbe sostenere che la regolamentazione dei mercati intermedi fondata sulla combinazione di un vincolo di interconnessione obbligatoria e di prezzi di connessione minimi permetta di ridurre gli effetti perversi dei costi non recuperabili e le conseguenti barriere all'entrata nella concorrenza evidenziati da Stiglitz [1987]. I prezzi minimi universali della interconnessione obbligatoria, infatti, estenderebbero a tutti i concorrenti, attuali e potenziali, i costi medi dell'infrastruttura. Di conseguenza, la contestabilità diverrebbe effettiva. Vedi Shepherd [1984].

tanza che aveva negli anni '70 e '80. La varietà di imprese «in parallelo» che agiscono all'interno della rete di reti dovrebbe permettere di raccogliere facilmente informazioni sui costi effettivi nella rete, per cui il *price cap* risulta essere di fatto sempre meno valido.

Da questo punto di vista, l'emergere di un mercato concorrenziale dei servizi di accesso alle reti, in cui agisce un gran numero di imprese che richiedono e forniscono servizi di connessione in condizioni di concorrenza intra- ed intermodale su mercati differenziati con alti livelli di elasticità incrociata della domanda, può divenire l'obiettivo finale di autorità di regolamentazione orientata verso il futuro²².

Riferimenti bibliografici

- Antonelli C. (1993), *Externalities and complementarities in telecommunication dynamics*, in «International Journal of Industrial Organization», 11, pp. 437-48.
- (1994a), *Increasing returns: Networks versus natural monopoly*, in G. Pogo-rel (a cura di), *Global Telecommunications Strategies and Technological Changes*, Amsterdam, North Holland, Elsevier.
- (1994b), *Localized technological change and the emergence of standards as economic institutions*, in «Information Economics and Policy», 6, pp. 195-216.
- (1995a), *The Economics of Localized Technological Change and Industrial Dynamics*, Boston, Kluwer Academic.
- (1995b), *Localized technological change in the network of networks: The interaction between regulation and the evolution of technology in telecommunications*, in «Industrial and Corporate Change», 4, pp. 737-54.
- *The networks of networks: localized technological change in telecommunications and productivity growth*, in «Information Economics and Policy» 1997 (9), in corso di pubblicazione.
- Antonelli C., Petit P. e Tahar G. (1992), *The Economics of Industrial Modernization*, Cambridge, Academic Press.
- Baumol, W. J. e Sydak J. G. (1994), *Towards Competition in Local Telephony*, Cambridge (Mass.), MIT Press.
- Brock, G. W. (1994), *The U.S. Telecommunication Policy Process*, Cambridge, Harvard University Press.
- Crandall, R. W. (1991), *After the Breakup: U.S. Telecommunications in a More Competitive Era*, Washington, Brookings.
- David, P. A. (1987), *Some new standards for the economics of standardization in*

²² Si potrebbe considerare la nozione di integratori di sistema elaborata da Noam [1994b] come un primo passo verso la nascita di un mercato dei servizi di interconnessione.

- the information age, in P. Dasgupta e P. Stoneman (a cura di), *Economic Policy and Technological Performance*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Freeman, C. (1982), *The Economics of Industrial Innovation*, London, Frances Pinter.
- Giget, M. (1994), *Economics of satellites communication in the context of inter-modal competition*, in «Telecommunications Policy», 18, pp. 478-92.
- Huber, P. (1987), *The Geodesic Network (I)*, The Geodesic Company, Washington D.C., 1987.
- Huber, P. et al. (1992), *The Geodesic Network (II)*, Washington D.C., The Geodesic Company.
- Kahn, A. E. (1988), *The Economics of Regulation: Principles and Institutions*, Cambridge (Mass.), MIT Press (rev. ed.).
- Johnson, L. L. (1994), *Toward Competition in Cable Television*, Cambridge (Mass.), MIT Press.
- Mansell, R. (1990), *Rethinking the telecommunications infrastructure: The new black «box»*, in «Research Policy», 19, pp. 501-15.
- (1994), *The New Telecommunications*, New York, Sage Publications.
- Noam, E. (1992), *Telecommunications in Europe*, Oxford, Oxford University Press.
- (1994a), *Beyond liberalization. From the network of networks to the system of systems*, in «Telecommunications Policy», 18, pp. 286-94.
- (1994b), *Beyond Liberalization II. The impending doom of common carriage*, in «Telecommunications Policy», 18, pp. 435-52.
- Ortoleva, P. (1995), *Mediastoria*, Parma, Pratiche.
- Pool I. (1983), *Technologies of Freedom*, Cambridge, Harvard University Press.
- Rosenberg, N. (1994), *Exploring the Black Box. Technology Economics and History*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Schankerman, M. (1994), *Symmetric regulation for a competitive era*, Closing Address delivered at the International Telecommunications Society Conference in Sydney, Australia, luglio.
- Shepherd, W. G. (1984), *Contestability versus competition*, in «American Economic Review», 74, pp. 572-85.
- Spulber, D. F. (1989), *Regulation and Markets*, Cambridge (Mass.), MIT Press.
- Stiglitz, J. E. (1987), *Technological change sunk costs and competition*, in «Brooking Papers on Economic Activity», 3, pp. 883-937.
- Taylor, L. D. (1993), *Telecommunications Demand*, Boston, Kluwer Academic Publishers.
- Temin, P. (1987), *The Fall of the Bell System*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Train, K. E. (1991), *Optimal Regulation. The Economic Theory of Natural Monopoly*, Cambridge (Mass.), MIT Press.
- Williamson, O. E. (1985), *The Economic Institutions of Capitalism*, New York, Free Press.